

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



“Macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en el río
Chira. Piura- Perú”

Presentada por:

Josefa Lourdes Lisboa Barrientos

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO**

Línea de investigación:

**APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AMBIENTE Y LOS
RECURSOS NATURALES**

Sublínea de investigación:

GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

Piura, Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**“Macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en el
río Chira. Piura- Perú”**

Línea de investigación:

APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AMBIENTE Y LOS
RECURSOS NATURALES

Sublínea de investigación:

GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

BR. JOSEFA LOURDES LISBOA BARRIENTOS
EJECUTOR DE TESIS

BLGO. MIGUEL ANGEL CORTEZ OYOLA, MSC.
ASESOR DE TESIS

BLGO. SANTIAGO CORONEL CHÁVEZ, MSC.
COASESOR DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA CENTRAL DE INVESTIGACIÓN



FORMATO N°7

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL PROYECTO DE TESIS

Título del proyecto de tesis:

**MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA DEL RIO CHIRA.
PIURA- PERÚ**

Lisboa Barrientos Josefa Lourdes, identificado con DNI N° 42813849, Bachiller de la Facultad de Ciencia, Escuela Profesional Ciencia Biológicas

DECLARA BAJO JURAMENTO: que el proyecto de tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total del de proyecto de tesis desarrollado, y/o realizado en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.
En fe de lo cual firmo la presente.



Huella Digital



Piura, 10 de Agosto de 2016

Lisboa Barrientos Josefa Lourdes
DNI: 42813849

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**“Macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en el
río Chira. Piura- Perú”**

Línea de investigación:

**APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AMBIENTE Y LOS
RECURSOS NATURALES**

Blgo. RONALD WILMER MARCIAL RAMOS, MSc.
PRESIDENTE DE JURADO DE TESIS

Blgo. JUAN AGAPITO MARTÍNEZ MENDOZA, MSc.
SECRETARIO DE JURADO DE TESIS

Dra. MARÍA DEL ROSARIO MONTES TORRES
VOCAL DE JURADO DE TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA FACULTAD DE CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN 001-2019-D-FC-UNP

FACULTAD DE CIENCIAS

Los Miembros del Jurado Calificador que suscriben, reunidos para evaluar la Tesis denominada "MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO CHIRA. PIURA-PERÚ", presentada por la señorita Bachiller JOSEFA LOURDES LISBOA BARRIENTOS, con el asesoramiento del Blgo. Miguel Ángel Cortez Oyola, MSc. y Co-asesor Blgo. Santiago Coronel Chávez, M.Sc.; oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, y de conformidad al Reglamento de Tesis para obtener el Título Profesional en la Facultad de Ciencias, la declaran:

APROBADA (X)

DESAPROBADA ()

Con la mención de:

MUY BUENO

(X) En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo de Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el TÍTULO PROFESIONAL DE BIOLÓGO.

(X) En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el TÍTULO PROFESIONAL DE BIOLÓGO; después que la sustentante incorpore la sugerencia del Jurado Calificador.

Piura, 10 enero de 2019.

UNP

Blgo. RONALD WILMER MARCIAL RAMOS, MSc.
PRESIDENTE DE JURADO DE TESIS

Blgo. JUAN AGAPITO MARTÍNEZ MENDOZA, M.Sc.
SECRETARIO DE JURADO DE TESIS

Dra: MARÍA DEL ROSARIO MONTES TORRES
VOCAL DE JURADO DE TESIS



Campus Universitario - Urb. Miraflores S/N. Castilla
PIURA - PERU

DEDICATORIA

Para lo más importante que tengo en esta vida mi familia:

Mi Papá Freddy y Mi Mamá Edith personas valientes para luchar dos veces en la batalla contra el cáncer, por ser mis guías y ser ejemplo de paciencia y perseverancia en este camino de la vida.

Mi hermana Lorena ser la motivadora de seguir estudiando, por sus consejos, apoyo incondicional y hacerme ver las cosas desde otro punto de vista.

Mi hermano Freddy por enseñarme a ser detallista.

Los amo y los quiero.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por darme las fuerzas y medios necesarios para culminar mi proyecto de tesis.

Al Blgo. Santiago Coronel Chávez, MSc. por motivarme a realizar mi proyecto de tesis en macroinvertebrados acuáticos.

Al Blgo. Miguel Cortez Oyola, MSc. por haberme permitido contar con su asesoramiento, en el desarrollo de mi investigación.

Al Blgo. Ronald Marcial Ramos, MSc. por brindarme sus comentarios y recomendaciones para mejorar mi proyecto de tesis.

Al Lic. Marco Quiroz Calderón, MSc. por su colaboración en las sugerencias y recomendaciones sobre la investigación, lo que ha enriquecido aún más el trabajo de la tesis.

A todas aquellas personas, que de una u otra forma contribuyeron para que la presente investigación concluya en una realidad.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	7
2.2. DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO	8
2.3. MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS	9
2.4. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	11
2.5. DETERMINACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	11
2.6. VALORACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA.....	11
2.7. ANÁLISIS MULTIVARIADO.....	14
III. RESULTADOS	15
3.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA EN EL RÍO CHIRA	15
3.1.1. Temperatura (°C).....	15
3.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)	16
3.1.3. Oxígeno disuelto (mg/L)	18
3.1.4. Conductividad eléctrica (µS/cm).....	19
3.2. DETERMINACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL RÍO CHIRA..	20
3.2.1. Composición Taxonómica.....	20
3.3. CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	24
3.3.1. Presencia y ausencia de macroinvertebrados acuáticos en el río Chira.....	24
3.3.2. Utilización del Índice nPeBMWP – Biological Monitoring Working Party para los ríos del norte del Perú.	27
3.3.3. Calidad de agua mediante la utilización del Índice adaptado del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos del norte del Perú nPeBMWP	31
3.4. ANÁLISIS MULTIVARIADO.....	32
3.4.1. Correlación entre el número de familias presentes y los parámetros fisicoquímicos.....	33

3.4.2. Correlación entre el Índice nPeBMWP y los parámetros fisicoquímicos	36
3.4.3. Correlación entre el número de familias con los valores promedios obtenidos del Índice nPeBMWP.....	40
IV. DISCUSIÓN.....	42
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
VIII. ANEXOS	57
Anexo 1: Ubicación de los puntos de muestreo en el río Chira. Sullana-Piura.....	57
Anexo 2: Muestreo de los macroinvertebrados acuáticos en el río Chira	59
Anexo 3: Evaluación de parámetros fisicoquímicos <i>in-situ</i> en los diferentes puntos de muestreo en el río Chira	66
Anexo 4: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM.....	67
Anexo 5: Determinación de macroinvertebrados acuáticos.	68
Anexo 6: Puntuación de las familias para el cálculo de IBMWP.....	69
Anexo 7: Macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua encontrados en el río Chira.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación y descripción de los puntos de muestreo en el río Chira.....	8
Tabla 2. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos (Medina, 2008).	13
Tabla 3. Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del Índice adaptado del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos del norte del Perú nPeBMWP (Medina, 2008).	14
Tabla 4. Valores de temperatura (°C) obtenidos para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.	15
Tabla 5. Niveles de potencial de hidrógeno (pH) obtenidos para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.....	17
Tabla 6. Valores de oxígeno disuelto (mg/L) obtenidos para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.	18
Tabla 7. Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.....	19
Tabla 8. Composición taxonómica de macroinvertebrados acuáticos encontrados en cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.	21
Tabla 9. Valores porcentuales de órdenes en cada clase de macroinvertebrados acuáticos encontrados para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.....	23
Tabla 10. Macroinvertebrados acuáticos registrados para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.	26
Tabla 11. Puntaje según el Índice nPeBMWP (Medina <i>et al.</i> , 2010) asignado a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en los puntos de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.	30

Tabla 12. Clasificación de la calidad de agua mediante la utilización del Índice adaptado del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos del norte del Perú nPeBMWP en los puntos de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018....	31
Tabla 13. Número de familias y parámetros fisicoquímicos de cada punto de muestreo en el río Chira para realizar la correlación estadística.	33
Tabla 14. Coeficiente de correlación entre el número de familias y los parámetros fisicoquímicos de cada punto de muestreo en el río Chira.	33
Tabla 15. Promedio del Índice nPeBMWP y parámetros fisicoquímicos de cada punto de muestreo en el río Chira para realizar la correlación estadística.	37
Tabla 16. Coeficiente de correlación entre el Índice nPeBMWP y los resultados fisicoquímicos de cada punto de muestreo en el río Chira.....	37
Tabla 17. Promedio del Índice nPeBMWP y el número de familias de cada punto de muestreo en el río Chira para realizar la correlación estadística.	40
Tabla 18. Coeficiente de correlación entre el Índice nPeBMWP y el número de familias de cada punto de muestreo en el río Chira.	40

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue conocer la calidad de agua del río Chira a través de los macroinvertebrados acuáticos. El muestreo cualitativo (presencia y ausencia) de las familias de macroinvertebrados, se realizó entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018 en el Sector Huaypará, La Peña, Puente Viejo Sullana y Puente Sojo ubicados en el curso del río Chira en la provincia de Sullana, región Piura. En el muestreo, se evaluaron parámetros fisicoquímicos *in-situ* como temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (mg/l) y conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$). Las muestras de macroinvertebrados acuáticos en el Sector Huaypará y La Peña fueron colectadas a través de una red de mano de 300 μm y una red Surber (30x30, 500 μm); mientras que en el Puente Viejo Sullana y Puente Sojo se utilizó el método de sustratos artificiales; en ambos casos, las muestras recogidas se analizaron en laboratorio con claves taxonómicas. Se determinó como indicadores biológicos 21 géneros, 19 familias, 12 órdenes, 6 clases y 3 phylum. La valoración de la calidad biológica del agua en los cuatro puntos de muestreo en el río Chira se realizó con el Índice adaptado del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos del norte del Perú nPeBMWP, que se determinó con la sumatoria de los puntajes asignados a cada familia de macroinvertebrados encontrados en el muestreo, estableciendo los valores de la calidad del agua, según su grado de sensibilidad a la contaminación. Con el promedio de la puntuación obtenida con el Índice nPeBMWP se obtuvieron valores promedios de 53 en el Sector Huaypará; 52,75 en La Peña; 41,25 en el Puente Viejo Sullana y 46,25 en el Puente Sojo calificando la calidad de agua como Regular con aguas contaminadas con sistema alterado en los cuatro puntos de muestreo en el río Chira.

Palabras clave: índice biótico, índice IBMWP, grado de tolerancia, indicadores biológicos, ecosistema acuático.

ABSTRACT

The objective of the research was to know the water quality of the Chira river through aquatic macroinvertebrates. The qualitative sampling (presence and absence) of the macroinvertebrate families was carried out between November-December 2017 and January-February 2018 in the Sector Huaypará, La Peña, Puente Viejo Sullana and Puente Sojo located in the course of the Chira River in the province of Sullana, Piura region. In the sampling, *in-situ* physicochemical parameters were evaluated such as temperature (°C), hydrogen potential (pH), dissolved oxygen (mg/l) and electrical conductivity ($\mu\text{s}/\text{cm}$). Samples of aquatic macroinvertebrates in the Sector Huaypará and La Peña were collected through a 300 μm hand network and a Surber network (30x30, 500 μm); while in Puente Viejo Sullana and Puente Sojo the method of artificial substrates was used; in both cases, the samples collected were analyzed in the laboratory with taxonomic keys. The biological indicators were 21 genera, 19 families, 12 orders, 6 classes and 3 phylum. The assessment of the biological quality of the water in the four sampling points in the Chira River was made with the Adapted Index of the Biological Monitoring Working Party (BMWP) for rivers of northern Peru nPeBMWP, which is determined by the sum of the assigned scores to each family of macroinvertebrates found in the sampling, establishing the values of water quality, according to their degree of sensitivity to contamination. With the average of the score obtained with the nPeBMWP Index, average values of 53 were obtained in the Sector Huaypará; 52, 75 in La Peña; 41, 25 in Puente Viejo Sullana and 46, 25 in the Puente Sojo, qualifying the quality of water as Regular with contaminated water with an altered system in the four sampling points in the Chira River.

Keywords: biotic index, IBMWP index, degree of tolerance, biological indicators, aquatic ecosystem.

INTRODUCCIÓN

Los ríos corresponden a uno de los tipos de ecosistemas más afectados por las actividades humanas, debido a que éstos han sido siempre empleados por el hombre como fuente de recursos y como vía para la eliminación de residuos, lo cual ha producido una degradación histórica de estos ecosistemas (Alonso y Camargo, 2005; Torralba y Ocharan, 2007).

Medina, Hora, Pereda, Gabriel y Asencio (2012) sostienen que numerosos ríos del Perú están siendo alterados en su capacidad físico-químico y biológico, así podemos citar los ríos Rímac (Lima), Santa Catalina (Cajamarca), Cañete (Lima), Moche (La Libertad), Chicama (La Libertad, cuenca baja) y la laguna de Yanacocha (Cajamarca), siendo muchos de ellos utilizados como depósito final de la evacuación de aguas residuales de las empresas industriales, mineras, etc. En la actualidad las riberas de los ríos del Perú se encuentran en un estado de degradación general.

Las actividades humanas como la agricultura, la expansión residencial, el desarrollo de embalses así como las alteraciones hidrológicas de los cuerpos de agua pueden cambiar las condiciones ambientales del agua y afectar así la presencia de macroinvertebrados acuáticos (Damanik, Minar y Boets, 2016).

Los macroinvertebrados son los organismos que se pueden ver a simple vista, teniendo un contacto total o parcial con los cuerpos de agua; en términos generales, son todos aquellos que tienen un tamaño superior a 0,5 mm de largo (Roldán y Ramírez, 2008). La anterior descripción corresponde a organismos que se encuentran en cuerpos de agua epicontinentales, por su tamaño pueden ser retenidos en redes de luz de malla entre 250 - 300 μ m. Dentro de esta categoría podemos encontrar insectos especialmente en su forma larvaria siendo estas las más abundantes; también los crustáceos, oligoquetos y arácnidos (Alba, 1996). Estos son utilizados para el biomonitoreo por su sensibilidad a cambios externos que afectan la composición de sus poblaciones (Roldan, 2003).

Los macroinvertebrados acuáticos pueden recibir varios nombres según el ambiente en el cual se desarrollan (Roldan, 2003). El neuston (neustónicos) se refiere a todos aquellos

organismos capaces de desplazarse utilizando la tensión superficial del agua como sustrato. Algunas familias representativas de este grupo son Hydrometridae, Gerridae y Veliidae (Hemíptera). Un segundo grupo está conformado por individuos que nadan libremente en el agua, denominando necton (nectónicos) con representantes de Corixidae y Notonectidae del orden Hemíptera, Dystiscidae e Hydrophilidae del orden Coleóptera. Por último, está el bentos (bentónicos), todos aquellos organismos adheridos a piedras, rocas y otros materiales en el fondo de los ríos o cuerpos de agua, con representantes en los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, Tricoptera, Megaloptera y Díptera, además de moluscos y platelmintos (Trama, 2014).

Los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos, al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y jugar un papel fundamental en la transferencia de energía desde los recursos basales hacia los consumidores superiores de las redes tróficas. Es decir, a nivel de grupo, los macroinvertebrados acuáticos van a consumir la materia orgánica fabricada en el río por los organismos fotosintéticos, como algas o briófitos, y la materia orgánica procedente del ecosistema terrestre, fundamentalmente del bosque de ribera, y la van a transferir a los grandes vertebrados del ecosistema, representando la principal fuente de alimento de éstos, de manera que la alteración de la comunidad de macroinvertebrados de los ecosistemas fluviales va a afectar directamente a animales como peces, aves acuáticas o mamíferos semiacuáticos (Ladrera, Rieradevall y Prat, 2013).

Los macroinvertebrados han sido usados desde el principio del siglo pasado, particularmente en la evaluación de la calidad del agua y son numerosos los países que los aplican por ley (Rosenberg y Resh, 1993). Evaluar la calidad del agua mediante los macroinvertebrados ofrece muchas ventajas tales como rapidez en la obtención de resultados, simplicidad metodológica y una alta confiabilidad (Alba y Sánchez, 1988).

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente basada en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua (Mendes, Elias, Almeida, Calapez y Feio, 2014).

Según Prat, Ríos, Acosta y Rieradevall (1999) el concepto de bioindicador, es aquel organismo que soporta o muestra algún tipo de respuesta compensatoria o tolerante frente a la perturbación y se determina como tal por su presencia y ausencia donde se evidencie una perturbación que pueda alcanzar niveles letales, logrando que aquellos organismos sensibles mueran.

La utilización de organismos vivos como indicadores de contaminación es una técnica bien reconocida (Roldan, 1997; Mafla, 2005). Varios estudios han demostrado la capacidad de los macroinvertebrados y otros organismos de responder a las alteraciones ambientales siendo frecuentemente utilizados como bioindicadores de contaminación acuática debido a: 1. Se encuentran en la mayoría de los ecosistemas acuáticos, 2. El gran número de especies contenidas dentro de este grupo ofrece un gran espectro de respuestas al estrés ambiental, 3. Son básicamente sedentarios lo que permite hacer análisis de contaminantes o de disturbios en el ecosistema, 4. Son fáciles de coleccionar, 5. Son un elemento fundamental en la red trófica y 6. Tienen ciclos de vida largos comparados con otros grupos lo cual permite observar cambios temporales causados por perturbaciones (Russell y Ruckert, 1981).

Los macroinvertebrados son usados como bioindicadores debido a que gran parte de su vida se desarrollan en medios acuáticos. La presencia de algunas familias y géneros es indicadora de aguas claras y limpias, mientras que otras soportan aguas muy contaminadas. Por ejemplo, la presencia de individuos de las familias Tubificidae (anélidos) o Chironomidae (moscas), indican la presencia de considerable contaminación hídrica, opuestamente unas aguas claras y limpias serán el hábitat de individuos de familias como Zygoptera (libélulas), Ptilodactilidae (escarabajos) o Hydrachnidae (arácnidos) que no pueden adaptarse a condiciones hídricas con presencia de contaminantes (Abarca, 2007; Endara, 2012).

El papel fundamental de los macroinvertebrados radica que contienen la información sobre la base de la energía del ecosistema, de la calidad del agua, de la diversidad del hábitat y de la disponibilidad de clases apropiadas para sostener las poblaciones de peces nativos (Kalender, Engin y Faruk, 2001).

El uso de macroinvertebrados acuáticos constituye un método alternativo que puede ser complementario al análisis físico químico de la calidad del agua, tiene algunas ventajas sobre

este último puesto que nos permite visualizar algún antecedente de contaminación pasada; esto quiere decir que cuando uno analiza parámetros físico químicos en algún punto de monitoreo como por ejemplo la presencia de ciertos metales, nutrientes, etc. se puede detectar algún grado de contaminación que sucede en el momento, pero si se analiza el agua mediante bioindicadores, entonces podrá detectarse evidencias de contaminación sucedida con anterioridad mediante la presencia o ausencia de diferentes familias de macroinvertebrados, aplicando para esto índices y parámetros biológicos establecidos por la comunidad científica (Medina, 2007).

Los índices bióticos son una de las maneras más comunes de establecer la calidad biológica de los ríos. Se suelen expresar en forma de un valor numérico único que sintetiza las características de todas las especies presentes. Habitualmente consisten en la combinación de dos o tres propiedades de la asociación: la riqueza de taxa y la tolerancia / intolerancia a la contaminación para índices cualitativos, y estos junto a la abundancia (absoluta o relativa) para los índices cuantitativos (Naranjo, Gonzales, Garcés, Brandimarte, Muñoz y Musle, 2005).

El Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), establecido en Inglaterra en 1970, es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores; sólo requiere llegar hasta el nivel de familia. Los datos son cualitativos (ausencia o presencia). Las puntuaciones son determinadas en función de la sensibilidad o tolerancia de diferentes grupos o familias a la contaminación orgánica, en un rango de 1 a 10 (Naranjo et al., 2005).

Partiendo de los resultados en Inglaterra y España, en Latinoamérica se han hecho adaptaciones del BMWP para evaluar la calidad de las aguas en una región determinada por ejemplo: En Argentina, Chila (1998) investigó cinco índices bióticos, entre ellos el BMWP, adaptando el índice para evaluar ríos de la Patagonia (BMPS), en seis estaciones de ríos tanto en torrentes montañosos como en la parte baja. En Colombia, se viene aplicando el BMWP'/col, ajustado por Roldán (1996); en Cuba, el índice BMWP- Cub es otra de las adaptaciones del Índice BMWP (Naranjo et al., 2005).

En el Perú, Sáenz (2001) valoró la calidad del agua del río San Alberto (Oxapampa-Pasco) usando el BMWP; asimismo, por primera vez, Medina, Hora, Ascencio, Pereda y Gabriel (2008) adaptó el Índice BMWP en tres microcuencas del Alto Chicama (La Libertad-Perú). Por su parte, Paredes, Iannacone y Alvarino (2005) realizaron dos evaluaciones de macroinvertebrados bentónicos en el Perú. En la primera evaluación en el río Wuawas (Amazona-Perú), la calidad del agua fue aceptable, con 22 taxones donde predominaron tres órdenes de insectos: Trichoptera, Plecóptera y Ephemeroptera. En la segunda evaluación río Amoju (Jaén-Cajamarca), se registró 30 taxones con predominancia de Ephemeroptera, Tricoptera y Díptera. Las familias más representadas fueron Chironomidae, Hydropsychidae, Siphonuridae, Perlidae y Leptophlebiidae. Se obtuvo un puntaje biótico de 38 que según el BMWP caracterizada a este río con aguas contaminadas.

Pezo (2018) evaluó la calidad del agua a lo largo del tramo de la cuenca del río Cumbaza, a través de la identificación de las familias de macroinvertebrados presentes y su relación con algunos parámetros fisicoquímicos que permitió clasificar la calidad ambiental como Categoría II y III medianamente contaminada.

En la región Piura, Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2015) realizó una evaluación hidrobiológica de la cuenca del río Chira para conocer su estado ecológico y ambiental; calificando la calidad del agua entre “moderada” y “deficiente”.

Actualmente en la cuenca del río Chira se realizan monitoreos participativos de calidad de agua superficial que solo contemplan parámetros físico-químicos y microbiológicos. Se han realizado algunas evaluaciones hidrobiológicas muy puntuales (por ejemplo, en el río Quiroz), sin embargo, no se ha llegado a definir una red de control hidrobiológico ni a sistematizar su monitoreo (ANA, 2015).

El río Chira, es uno de los más importantes en la costa norte del país; sin embargo, presenta alteraciones en su calidad como consecuencia tanto de presiones antrópicas como de carácter natural (ANA, 2015).

Por ello, es necesario un constante monitoreo de la calidad de agua para ayudar a implementar planes de acción, sensibilización, monitoreo de los ecosistemas acuáticos y

capacitación inmediatos, relacionados a mitigar los efectos contaminantes ambientales. En este sentido, la presencia o ausencia de los macroinvertebrados acuáticos nos darán un diagnóstico de la calidad de agua en el río Chira.

Esta investigación se centrará en evaluar, desde el punto de vista biológico a los macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua a través del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) modificado, adaptado y propuesto como índice biótico de calidad del agua para ríos del norte del Perú (nPeBMWP).

El objetivo general de la investigación fue conocer la calidad del agua del río Chira a través de macroinvertebrados acuáticos. Asimismo se establecieron como objetivos específicos: utilizar el índice en macroinvertebrados acuáticos adaptado del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos del norte del Perú nPeBMWP y determinar a los macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Chira. Finalmente, como meta se elaboró un listado de las especies de macroinvertebrados acuáticos en el río Chira.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El río Chira tiene sus orígenes en la unión del río Catamayo con el río Macará, en la frontera entre Perú y Ecuador; recorre 50 km entre ambos países hasta la quebrada de Alamor donde ingresa en territorio Peruano. La longitud total del río Catamayo-Chira hasta su desembocadura en el Océano Pacífico es de 315 km, de los cuales 119 km se encuentran en suelo peruano. Sus límites son: por el Norte la cuenca Fernández, por el Sur la cuenca del río Piura; por el Este la cuenca Huancabamba en Perú y las cuencas de Macará y Chinchipe en Ecuador y por el Oeste las intercuenas 1379 y 1391 y su desembocadura en el Océano Pacífico (ANA, 2015) (Figura.1).

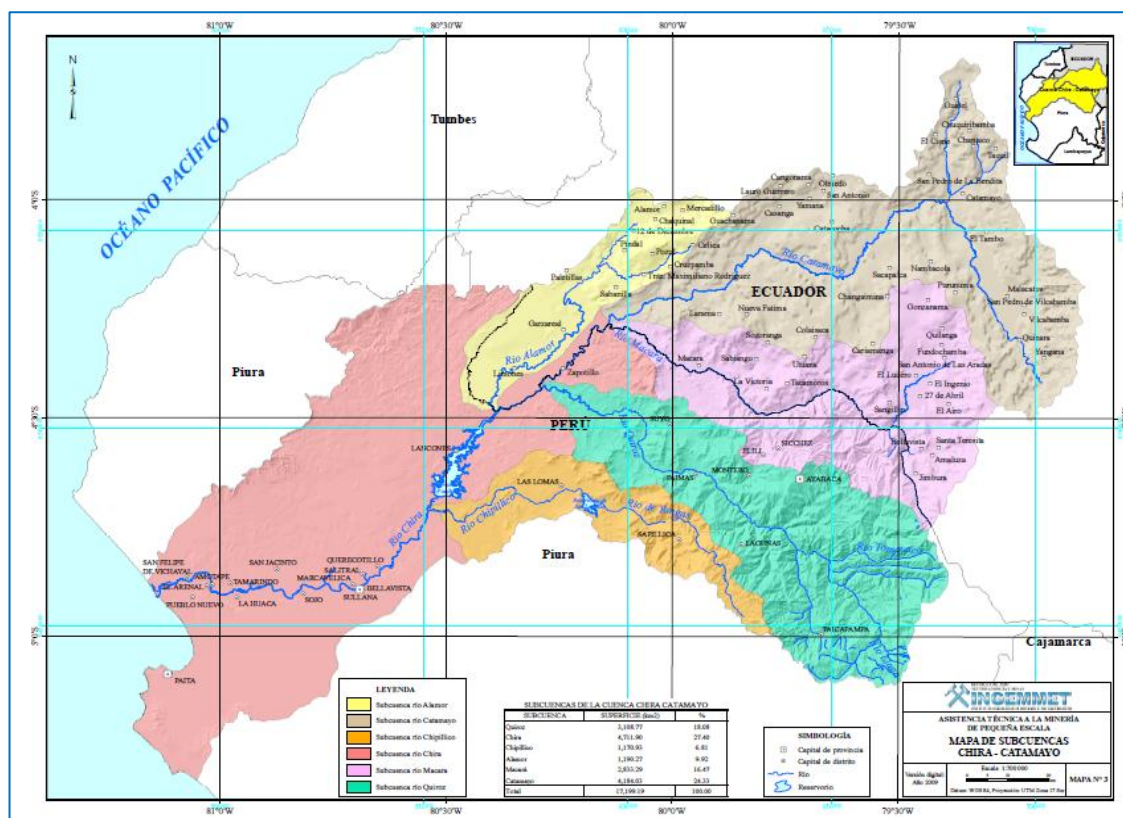


Fig.1. Ubicación del área de estudio.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO

Comprendió cuatro muestreos realizados entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018 que incluyó un periodo de 2 semanas para la evaluación de la zona, colocación de los sustratos artificiales y la toma de coordenadas. Los puntos de muestreos pertenecen a la Red de Monitoreo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) seleccionados por la facilidad en el acceso a la zona, la presencia de asentamientos humanos y las actividades productivas (agrícola, pecuaria, etc.).

Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo distribuidos en el curso del río Chira localizados en la provincia de Sullana, región Piura. La ubicación de los puntos de muestreo se detalla en la Tabla 1 y Figura 2.

Tabla 1. Ubicación y descripción de los puntos de muestreo en el río Chira.

Punto de muestreo	Nombre de muestreo	Localidad	Distrito	Coordenadas UTM	
				Norte	Este
Punto 1	Sector Huaypará	Nuevo San Martín	Sullana	9481873	552472
Punto 2	La Peña	Santa Victoria	Querecotillo	9471163	545912
Punto 3	Puente Viejo Sullana	Sullana	Sullana	9459250	533876
Punto 4	Puente Sojo	Miguel Checa	Miguel Checa	9459050	519380

El Punto de muestreo 1 “Sector Huaypará” se localizó a 250 m de la salida del reservorio Poechos; el Punto de muestreo 2 “La Peña” se ubicó a la altura del centro poblado La Peña 200 m antes de la captación agua potable para las localidades de La Peña, La Horca,

Puente de los Serranos, Santa Cruz, La Margarita y Hualtactal. El Punto de muestreo 3 “Puente Viejo Sullana” se ubicó en el puente Viejo Sullana, este punto de muestreo recibe el vertido urbano de la ciudad de Sullana y de otros centros poblados y es una zona agrícola y el Punto de muestro 4 “Puente Sojo” estuvo localizado en dicho puente (Anexo 1).

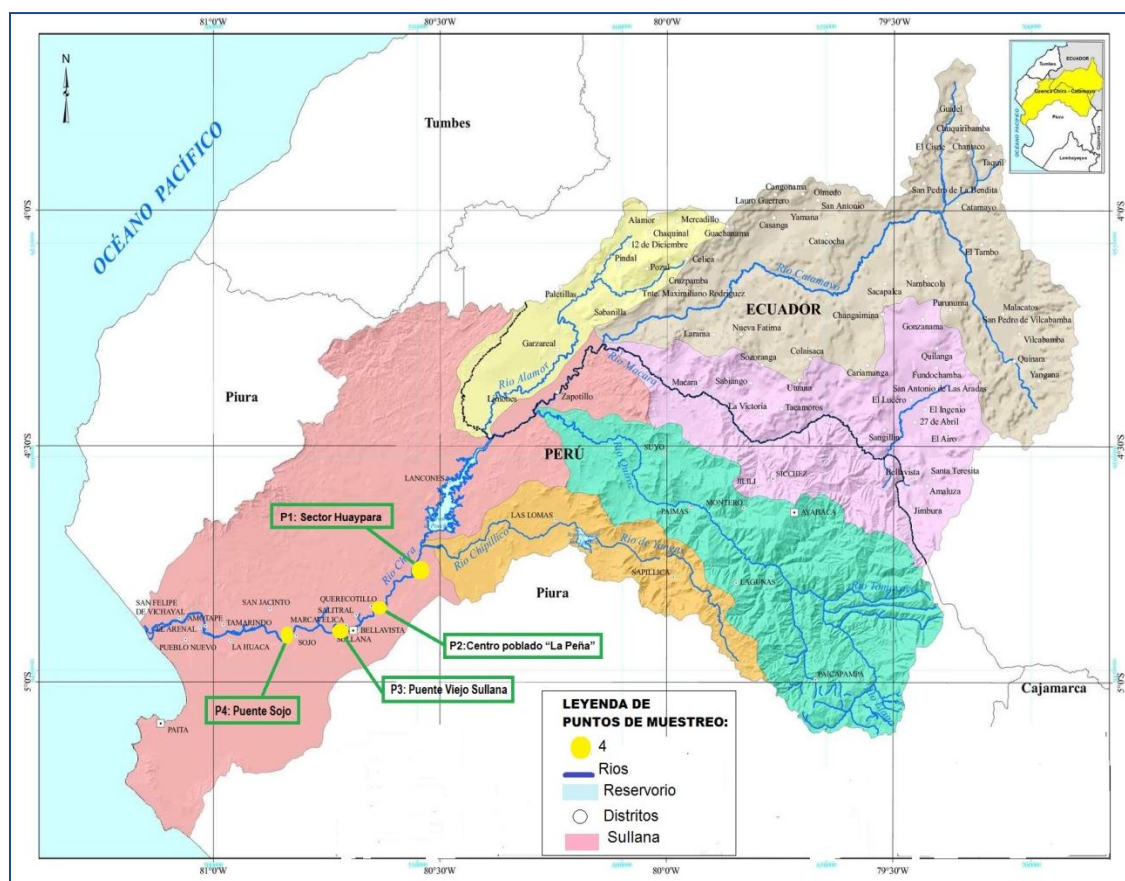


Fig.2. Ubicación de los puntos de muestreo en el río Chira. Piura

Cada punto de muestreo estuvo conformado por un transecto de 100 metros de longitud. Luego se procedió a la evaluación visual del tramo de muestreo, identificando y estimando la superficie de los hábitats más representativos del mismo: sustratos duros, orillas vegetadas, macrofitos sumergidos, arena y otros sedimentos finos. El muestreo fue cualitativo (presencia y ausencia) (Alba, 1996).

2.3. MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS

En el Anexo 2, se presenta un panel fotográfico de la colecta de macroinvertebrados acuáticos en el río Chira.

En el Sector Huaypará y en La Peña se tomaron cuatro réplicas por cada punto de muestreo con una red de mano de 300 μm y una red Surber (30x30 cm, 500 μm). Con la red de mano de 300 μm se realizaron movimientos oscilatorios de izquierda a derecha removiendo los sustratos previamente seleccionados con la mano y/o botas con la finalidad que los macroinvertebrados sean arrastrados por esta y se amontonen en el fondo de la red (Alba, 1996); con la red Surber se colocó en sentido contrario de la corriente y con las manos y/o botas se removió el material del fondo, quedando atrapados los organismos en la red (Fukushima, Sifuentes, Saldaña, Castillo, Reyes y Shimokawa, 1982) los cuales se realizaron barridos a lo largo de las orillas con vegetación; el material recogido se depositó periódicamente en recipientes de plástico a las que se añadió previamente agua. Esto evitó que las redes de muestreo se colmaten y existan posibles pérdidas de organismos al ser arrastrados por la corriente (Alba, 1996).

Además se examinaron las piedras, ramas sumergidas y troncos en cuya superficie se encuentran numerosos organismos adheridos. Los organismos se tomaron con pinzas de aluminio u otro material suave y con la ayuda de pinceles con el fin de no dañar las estructuras externas de los organismos recolectados (Alba, 1996).

En el Puente Viejo Sullana y en el Puente Sojo se utilizó el método de sustratos artificiales (Castillo, 2006). Cada sustrato artificial consistió en un bloque de concreto (30x5x30 cm) y un ladrillo de ocho agujeros dentro de una malla plástica de 1cm de luz y se mezclaron con sustratos duros de diferentes granulometrías y se añadió haces de leña, fibras vegetales, tratando con ello de reproducir los diferentes hábitats susceptibles de ser colonizados por los macroinvertebrados, se ató cada sustrato artificial a una estaca. Se colocaron cuatro sustratos artificiales en las orillas y se dejaron sumergidos entre 21 y 25 días, tiempo idóneo para obtener la mayor diversidad posible (Alba, 1996). Para la colecta de los macroinvertebrados se lavaron tanto los bloques como las bolsas dentro de un balde con agua filtrada del mismo río (Castillo, 2006). La muestra resultante se tamizó con la red de mano de 300 μm y luego se dejaron los sustratos en el mismo lugar para la colonización hasta el muestreo siguiente.

Las muestras tomadas se rotularon con una etiqueta adhesiva en el exterior del recipiente y con una etiqueta de papel cansón colocada en el interior. En ambas etiquetas se anotó la siguiente información: Nombre del proyecto, Código de la estación de muestreo, Nombre del río, Localidad y Fecha de muestro (Fig.26).

Las muestras se conservaron en formol al 10% y se analizaron en el laboratorio de Zoología de Invertebrados de la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Piura. En el laboratorio, cada muestra fue diluida con agua potable para eliminar las partículas de sedimento que pudieran no hacer visibles a los macroinvertebrados.

2.4. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos *in-situ* con un equipo multiparamétrico. Los parámetros a medir en cada punto de muestreo fueron: temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (mg/l) y conductividad eléctrica (µs/cm) (Anexo 3).

Los criterios tomados en cuenta para la evaluación de la calidad del agua en el río Chira, han sido los valores de los parámetros fisicoquímicos de la categoría 1: Población Recreacional y categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, de los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM (Anexo 4).

2.5. DETERMINACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

La determinación de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el río Chira se realizó con la ayuda de un estereoscopio Labomed y claves taxonómica como las de Oscoz, Galicia y Miranda (2009), Domínguez y Fernández (1994) (Anexo 5).

2.6. VALORACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA

Se determinó la calidad de agua en los puntos de muestreo del río Chira, utilizando el Índice BMWP (Anexo 6) adaptado en el nPeBMWP – Biological Monitoring Working Party para los ríos del norte del Perú. La adaptación comprendió la adecuación de los puntajes y la incorporación de nuevas familias que se encuentran en el muestreo (Medina et al., 2008).

Mediante el Índice biótico nPeBMW se asignó a cada familia de macroinvertebrados presentes en los muestreos, una puntuación que oscila desde 1 al 10 presentada en la Tabla 2 y la Tabla 3 donde se encuentran los valores para la determinación de la calidad biológica del agua. El Índice nPeBMWP es un índice aditivo que va sumando los puntajes obtenidos por cada familia; de ésta manera se obtuvo la puntuación correspondiente (Medina et al., 2008) de la calidad del agua del río Chira.

Tabla 2. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos (Medina et al., 2008).

Familias	Puntaje
Helicopsychidae, Blepharoceridae, Leptophlebiidae, Oligoneuridae, Ameletidae, Athericidae, Trycorythidae, Perlidae, Odontoceridae, Calamoceridae, Oligoneuridae, Polythoridae, Gripopterygidae	10
Hydrobiosidae, Polycentropodidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Philopotamidae, Gomphidae, Calopterygidae.	8
Glososomatidae, Limnephilidae, Leptohyphidae.	7
Hydroptilidae, Ancyliidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Libellulidae, Corydalidae, Coenagrionidae, Pseudothelphusidae (Decapoda), Gammaridae.	6
Turbellaria, Simuliidae, Tipulidae, Hidropsychidae, Ptilodactylidae, Lampyridae, Elmidae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae), Dryopidae, Hydraenidae, Veliidae, Gerridae, Smuliidae, Corixidae, Notonectidae, Naucoridae, Hydrochidae, Planaridae, Amphipoda, Mesoveliidae, Helophoridae.	5
Stratiomidae, Ceratopogonidae, Tabanidae, Dolichopodidae, Baetidae, Hydracarina, Pyralidae, Belostomatidae, Limoniidae, Dixidae, Empididae, Curculionidae, Chrysomelidae.	4
Hiudinea, Ostracoda, Physidae, Hidrobiidae, Limnaeidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Hidrophilidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Psychodidae, Hydrometridae, Psychodidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Gelastocoridae.	2
Oligochaeta, Syrphidae	1

Tabla 3. Clasificación de la calidad de agua, mediante la utilización del índice adaptado del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos del norte del Perú nPeBMWP (Medina et al., 2008).

Clase	Puntuación IBMWP	Grado de contaminación	Calidad de las aguas	Color
I	> 100	Aguas muy limpias o no alteradas de modo sensible	Buena	Azul
II	61 – 100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Aceptable	Verde
III	36 – 60	Aguas contaminadas (sistema alterado)	Regular	Naranja
IV	16 – 35	Aguas muy contaminadas (sistema muy alterado)	Mala	Amarillo
V	< 15	Aguas fuertemente contaminadas (sistema fuertemente alterado)	Pésima	Rojo

Fuente: Categorías de calidad de agua recomendado por Prat et al. (1999).

2.7. ANÁLISIS MULTIVARIADO

Según Gómez (2005) la correlación es la forma numérica en la que la estadística ha podido evaluar la relación de dos o más variables, es decir, mide la dependencia de una variable con respecto de otra variable independiente.

Se realizó la correlación estadística de Pearson con el programa STATGRAPHICS Centurión entre el número de familias presentes y los parámetros fisicoquímicos, Índice nPeBMWP y parámetros fisicoquímicos, asimismo el número de familias y el Índice nPeBMWP.

III. RESULTADOS

3.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA EN EL RÍO CHIRA

Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos in-situ: temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (mg/L) y conductividad eléctrica (μS/cm) en los cuatro puntos de muestreo del río Chira durante noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua, establecidos en el DS. N° 004-2017 – MINAM (Anexo 4).

3.1.1. Temperatura (°C)

Los resultados correspondientes a la temperatura (°C) se muestran en la Tabla 4, donde el máximo valor fue 32,7 °C registrado en febrero 2018 en el Puente Sojo y el mínimo valor correspondió a 25,2 °C, en noviembre 2017 en el Sector Huaypará.

Tabla 4. Valores de temperatura (°C) obtenidos para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

TEMPERATURA °C					
PUNTOS DE MUESTREO	2017		2018		Promedio por punto de muestreo
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	
Sector Huaypará	25,2	25,6	25,6	26,9	25,83
La Peña	26,3	27,4	27,9	28,5	27,525
Puente Viejo Sullana	27,6	28,2	30,3	31,5	29,4
Puente Sojo	28,9	29,3	30,5	32,7	30,35

La variación de la temperatura según en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1 y Categoría 3 definido como la variación de 3°C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada. Los valores de temperatura se encontraron incluidos en los límites establecidos en la norma nacional (Figura 31).

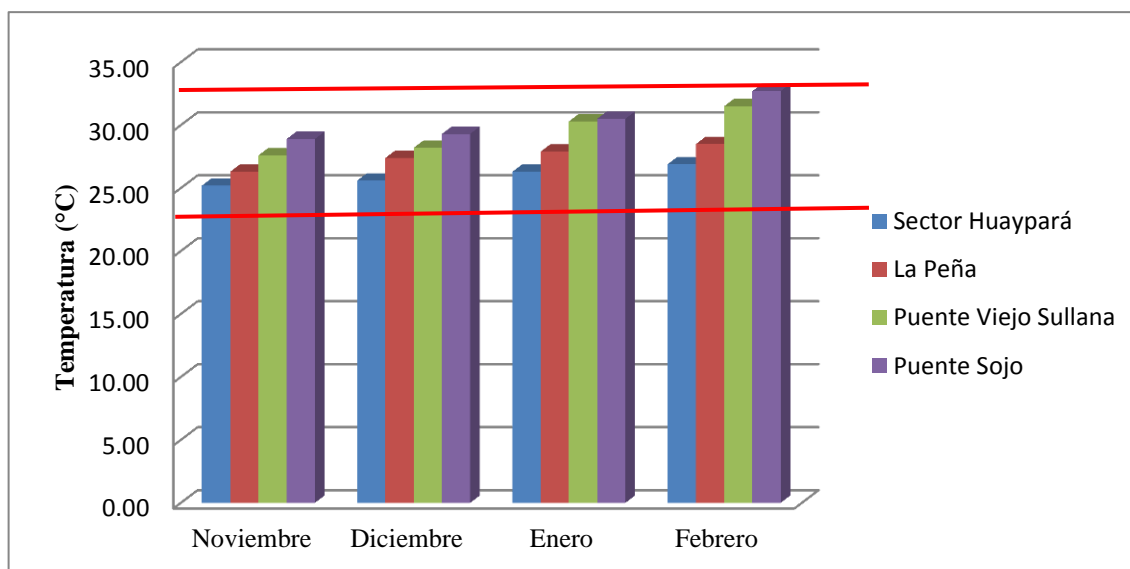


Fig.31. Variabilidad de temperatura en cada punto de muestreo en el río Chira.

3.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)

En la Tabla 5 se observa los valores de potencial de hidrógeno (pH) registrados en los muestreos. El máximo valor de 8,26 unidades de pH se registró en La Peña en diciembre 2017 y el mínimo valor de 7,36 en el Puente Viejo Sullana en enero 2018. Con los valores comprendidos entre 7,36 a 8,26 unidades de pH se determinó que la característica predominante del agua del río Chira es ligeramente alcalina.

Tabla 5. Niveles de potencial de hidrógeno (pH) obtenidos para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)					
PUNTOS DE MUESTREO	2017		2018		Promedio por punto de muestreo
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	
Sector Huaypará	7,82	7,48	7,92	7,89	7,7775
La Peña	8,13	8,26	7,79	8,16	8,085
Puente Viejo Sullana	7,64	7,83	7,36	7,59	7,605
Puente Sojo	7,73	7,97	7,65	7,82	7,7925

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua en la Categoría 1 Poblacional y Recreacional A2, el parámetro potencial de hidrógeno (pH) tiene un intervalo de 5,5 a 9,0 unidades y de 6,5 a 8,5 unidades en la Categoría 3 Riego de Vegetales y bebida de animales (Anexo 4). En el muestreo, los resultados de los valores de pH tienen un intervalo de 7,36 a 8,26 unidades, se determinó que el agua se encuentra dentro de los parámetros normales de pH en los puntos muestreados (Figura 32).

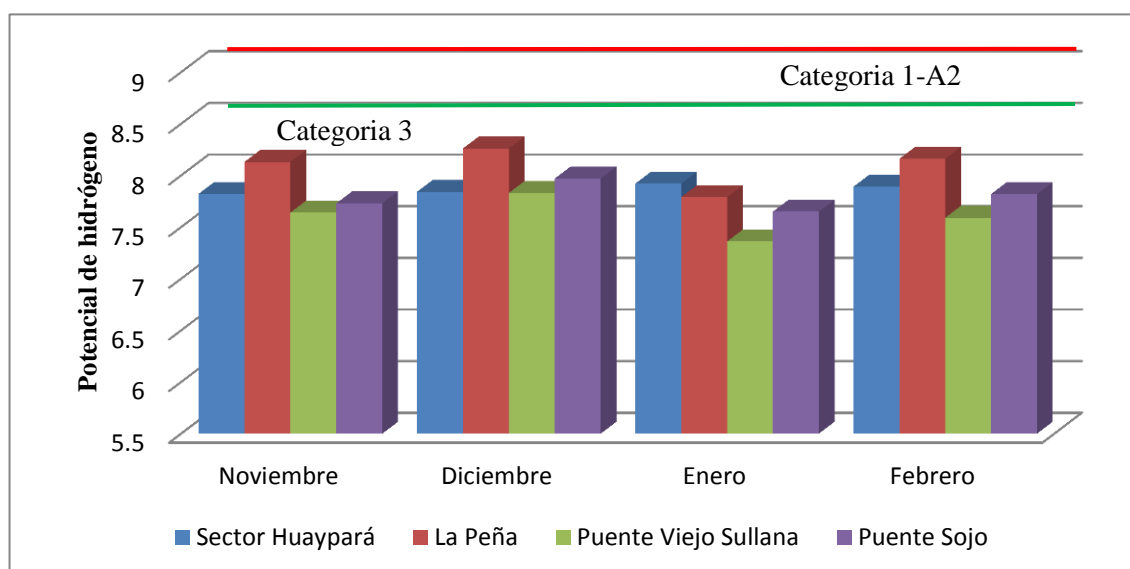


Fig.32. Niveles de potencial de hidrógeno (pH) para cada punto muestreado en el río Chira.

3.1.3. Oxígeno disuelto (mg/L)

En Tabla 6 se observa que el valor máximo de oxígeno disuelto fue 8,26 mg/L registrado en La Peña en diciembre 2017; y el mínimo valor fue 0,54 mg/L, en el Puente Viejo en diciembre del mismo año.

Tabla 6. Valores de oxígeno disuelto (mg/L) obtenidos para cada punto muestreado en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

OXÍGENO DISUELTO (mg/L)					
PUNTOS DE MUESTREO	2017		2018		Promedio por punto de muestreo
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	
Sector Huaypará	7,74	7,75	7,82	7,59	7,725
La Peña	8,12	8,26	7,79	8,14	8,0775
Puente Viejo Sullana	1,19	0,54	0,83	1,09	0,9125
Puente Sojo	7,92	7,87	7,65	7,83	7,8175

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecen que los valores mínimos del parámetro oxígeno disuelto son ≥ 5 en la Categoría 1-A2 y ≥ 4 para la Categoría 3 (Anexo 4).

En los muestreos, en el Puente Viejo se registraron valores entre 0,54 a 1,19 mg/L que no superan a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua; mientras que en el Sector Huaypará, La Peña y Puente Sojo los valores registrado se encontraron dentro los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (Figura 33).

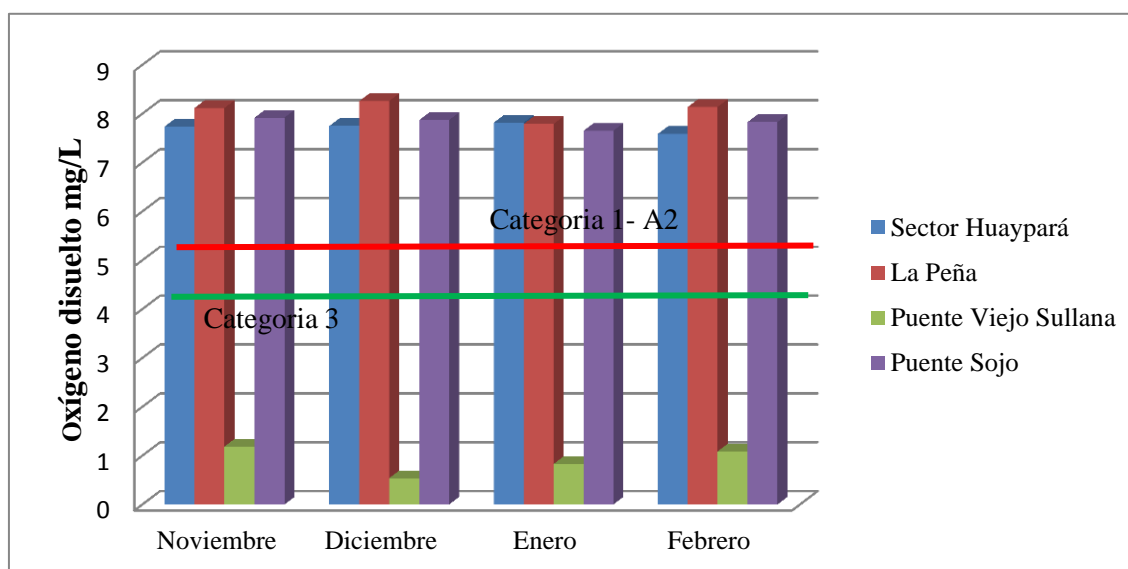


Fig.33. Niveles de oxígeno disuelto (mg/L) para cada punto muestreado en el río Chira.

3.1.4. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

En los resultados de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) se obtuvo el máximo valor de 1948 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el Puente Sojo en enero 2018 y el mínimo valor correspondió a 467 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el Sector Huaypará en noviembre 2017.

Tabla 7. Valores de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) obtenidos para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)					
PUNTOS DE MUESTREO	2017		2018		Promedio de muestreo por punto
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	
Sector Huaypará	467	521	572	591	537,75
La Peña	523	648	665	743	644,75
Puente Viejo Sullana	636	732	805	864	759,25
Puente Sojo	1461	1550	1850	1948	1702,25

Los Estándares de Calidad Ambiental para la Categoría 1-A2 establecen un valor límite de 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Según los resultados obtenidos, durante enero y febrero del 2018 en el Puente Sojo no se cumplieron con los límites establecidos en los ECA Categoría 1-A2, donde se registraron valores 1850 y 1948 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Por su parte, para la Categoría 3 Riego de Vegetales y Bebida de animales, los valores registrados en los puntos de muestreo se encontraron dentro los límites establecidos de 2500 a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 34).

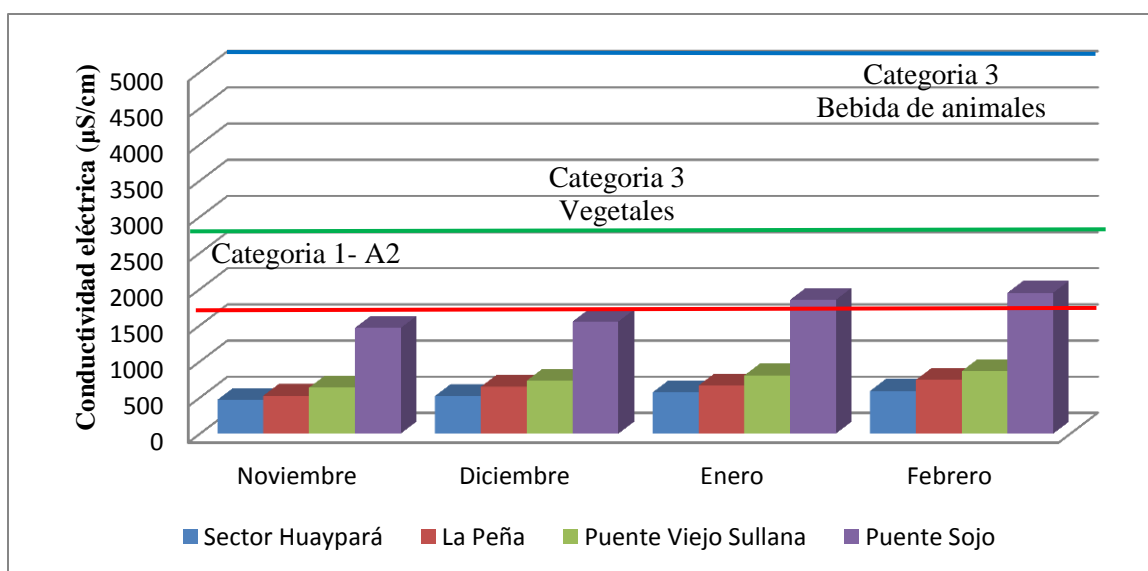


Fig.34. Niveles de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en para cada punto muestreado en el río Chira.

3.2. DETERMINACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL RÍO CHIRA.

3.2.1. Composición Taxonómica

Durante los muestreos realizados en los cuatro puntos seleccionados en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018 se registraron 21 géneros, 20 familias, 12 órdenes, 6 clases y 3 phylum que pertenecen a la composición taxonómica de macroinvertebrados acuáticos en el río Chira (Tabla 8).

Tabla 8. Composición taxonómica de macroinvertebrados acuáticos encontrados en cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO
Annelida	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>
	Oligochaeta	Tubificidos	Tubificidae	<i>Branchiura</i> sp
Mollusca	Gastropoda	Mesogastropoda	Thiaridae	<i>Melanooides tuberculatus</i>
			Ampullariidae	<i>Pomacea</i> sp
		Basommatophora	Physidae	<i>Physa chilensis</i>
			Planorbiidae	<i>Drepanotrema</i> sp
	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> sp
Arthropoda	Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	<i>Podocopa</i> sp
	Insecta	Díptera	Chironomidae	<i>Chironominae</i> sp
			Culicidae	<i>Culex</i> sp
		Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i> sp
			Baetidae	<i>Baetis</i> sp
		Trichoptera	Hidropsychidae	<i>Smicridea</i> sp
		Coleóptera	Hidrophilidae	<i>Tropistemus</i> sp
		Hemiptera	Hebridae	<i>Hebrus</i> sp
			Belostomatidae	<i>Belostoma</i> sp
			Pleidae	<i>Paraplea</i> sp
			Gerridae	<i>Eurygerris kahli</i>
		Odonata	Libellulidae	<i>Peritemis</i> sp
			Coenagrionidae	<i>Ischnura</i> sp
				<i>Argia</i> sp

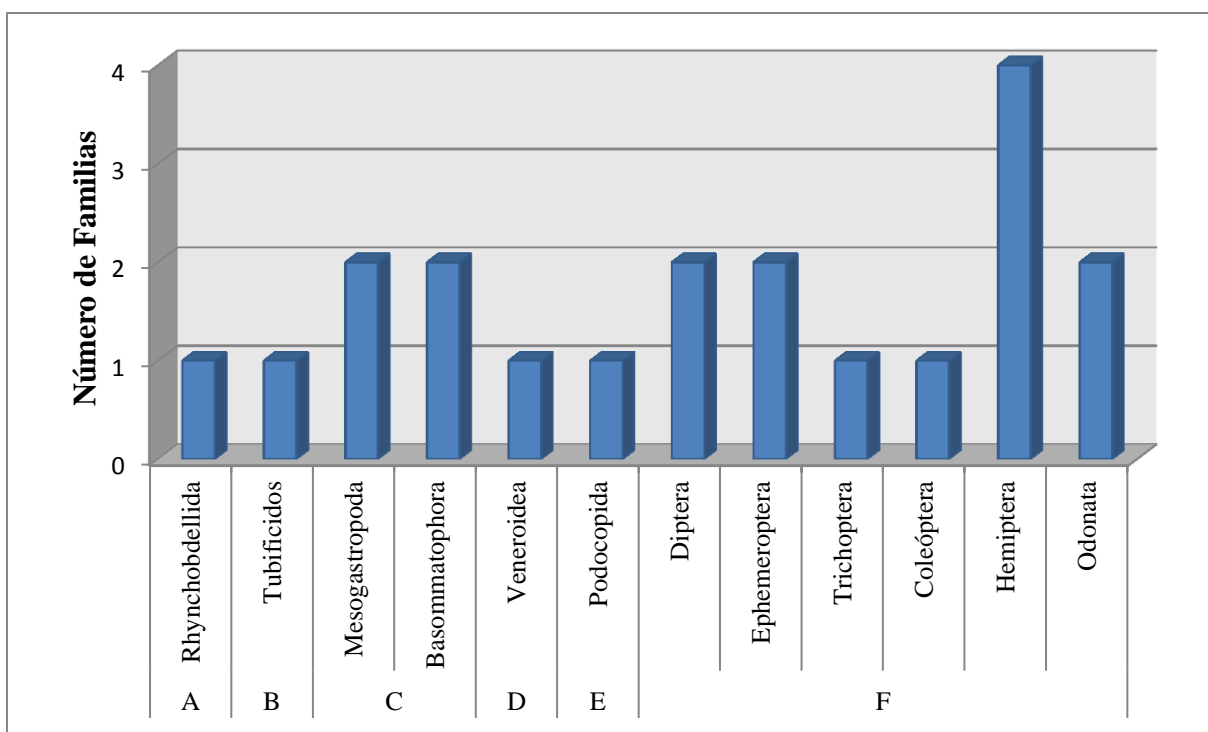


Fig.35. Número de familias en cada orden de macroinvertebrados acuáticos encontrados para cada punto muestreado en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018. Clases: A = Hirudinea; B = Oligochaeta; C = Gastropoda, D = Bivalvia; E = Ostrácoda; F = Insecta.

Se registraron 20 familias de macroinvertebrados acuáticos: 1 familia de la clase Hirudinea del orden Rhynchobdellida y 1 familia de la clase Oligochaeta del Tubificidos.

Asimismo de la clase Gastropoda, 2 familias del orden Mesogastropoda y 2 familias del orden Basommatophora. De la clase Bivalvia, 1 familia del orden Veneroidea y de la clase Ostrácoda, 1 familia del orden Podocopida.

De la clase Insecta del orden Díptera, 2 familia; del orden Ephemeroptera, 2 familias; del orden Trichoptera, 1 familia; del orden Coleóptera, 1 familia; Hemiptera, 4 familias y del orden Odonata, 2 familias (Fig.35).

Tabla 9. Valores porcentuales de órdenes en cada clase de macroinvertebrados acuáticos encontrados para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

CLASE	ORDEN	PORCENTAJE
Hirudinea	1	8%
Oligochaeta	1	8%
Gastropoda	2	17%
Bivalvia	1	8%
Ostrácoda	1	8%
Insecta	6	50%
TOTAL	12	100%

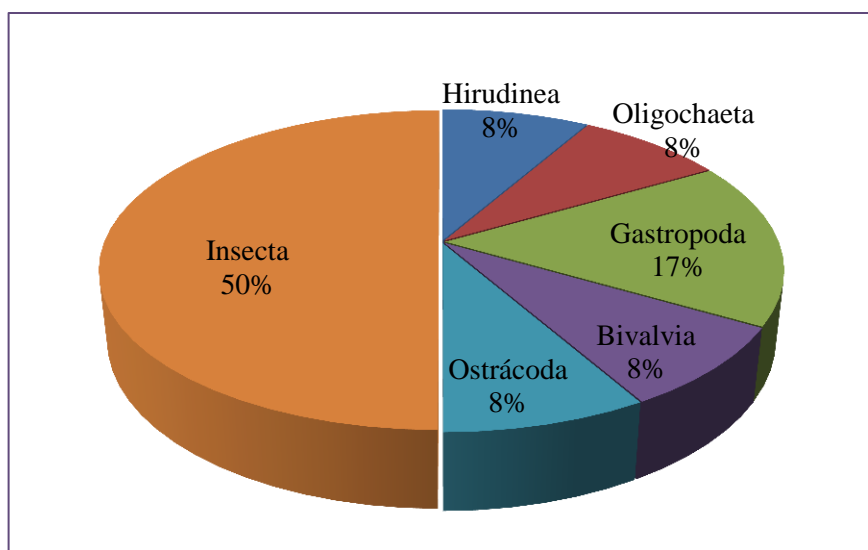


Fig.36. Distribución porcentual de órdenes en cada clase de macroinvertebrados acuáticos encontrados para cada punto de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

Tabla 9 y en la Figura 36 se observa que la clase predominante fue la Insecta representando el 50% del total de los órdenes identificados durante el muestreo; con un máximo de 6 órdenes: Hemiptera, Díptera, Odonata, Ephemeroptera, Coleóptera y Trichoptera. La clase Gastropoda registró el 17% del total abarcando 2 órdenes: Mesogastropoda y Basommatophora y un 8% de la clase Hirudinea con el orden Rhynchobdellida. Asimismo, las clases Oligochaeta, Bivalvia y Ostrácoda registraron el 8%

cada una y comprendieron los órdenes Tubificidos, Veneroidea y Podocopida respectivamente.

3.3. CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

3.3.1. Presencia y ausencia de macroinvertebrados acuáticos en el río Chira

Durante el muestro se determinó la presencia de 20 familias (Tabla 8); sin embargo, la familia Ampullariidae del orden Mesogastropoda de la clase Gastropoda no se consideró en el conteo de presencia y ausencia de los macroinvertebrados, por no registrarse en las Tablas de Índice Biótico para los ríos de la costa del norte del Perú ni en el Índice Biological Monitoring Working Party (Medina et al., 2008), métodos que permiten determinar la calidad del agua.

En la Tabla 10 se observa la presencia predominante de 9 familias: Glossiphoniidae, Tubificidae, Thiaridae y Physidae; así como Sphaeriidae, Chironomidae Gerridae, Libellulidae y Coenagrionidae.

La presencia de la familia Planorbiidae del orden Basommatophora de la clase Gastropoda se registró solo en diciembre 2017 en los cuatro puntos de muestreo.

La familia Cyprididae del orden Podocopida de la clase Ostrácoda y la familia Pleidae del orden Hemiptera de la clase Insecta se presentaron solo en febrero 2018 en los cuatro puntos de muestreo.

Para la clase Insecta, la Tabla 10 registra los siguientes resultados: Las familias Culicidae del orden Díptera y Hydrophilidae del orden Coleóptera se presentaron en diciembre 2017-enero 2018 y enero-febrero 2018 respectivamente. Ambas familias se registraron en los cuatro puntos de muestreo.

Por su parte, en el orden Ephemeroptera la familia Leptohyphidae se registró en el Sector Huaypará en noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018 y en La Peña se registró su ausencia en febrero 2018. En el mismo orden, la familia Baetidae se registró en el Sector Huaypará, La Peña y Puente Sojo durante todos los meses del muestreo.

La presencia de la familia Hidropsychidae del orden Trichoptera se registró en el Sector Huaypará y La Peña solo en noviembre 2017. La familia Hydrophilidae del orden

Coleóptera se registró durante enero-febrero 2018 en los cuatro puntos de muestreo. La familia Hebridae del orden Hemiptera se encontró en enero-febrero 2018 en La Peña, Puente Viejo Sullana y Puente Sojo.

Asimismo, la familia Belostomatidae del orden Hemiptera se presentó en el Sector Huaypará, La Peña y Puente Sojo durante febrero 2018.

Tabla 10. Macroinvertebrados acuáticos registrados para cada punto muestreado en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

FAMILIA	GÉNERO	Sector Huaypará				La Peña				Puente Viejo Sullana				Puente Sojo			
		2017		2018		2017		2018		2017		2018		2017		2018	
		Nov	Dic	Ene	Feb	Nov	Dic	Ene	Feb	Nov	Dic	Ene	Feb	Nov	Dic	Ene	Feb
Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia complanata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tubificidae	<i>Branchiura</i> sp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Thiaridae	<i>Melanoides tuberculatus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Physidae	<i>Physa chilensis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planorbiidae	<i>Drepanotrema</i> sp		x				x				x				x		
Sphaeriidae	<i>Pisidium</i> sp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cyprididae	<i>Podocopa</i> sp				x				x				x				x
Chironomidae	<i>Chironominae</i> sp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Culicidae	<i>Culex</i> sp		x	x			x	x			x	x			x	x	
Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i> sp	x	x	x	x	x	x	x									
Baetidae	<i>Baetis</i> sp	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x
Hidropsychidae	<i>Smicridea</i> sp	x				x											
Hidrophilidae	<i>Tropistemus</i> sp			x	x			x	x			x	x			x	x
Hebridae	<i>Hebrus</i> sp							x	x			x	x			x	x
Belostomatidae	<i>Belostoma</i> sp				x				x								x
Pleidae	<i>Paraplea</i> sp				x				x				x				x
Gerridae	<i>Eurygerris kahli</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Libellulidae	<i>Peritemis</i> sp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coenagrionidae	<i>Ischnura</i> sp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Argia</i> sp	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TOTAL de familias presentes por mes		12	13	13	15	12	13	14	15	9	11	12	13	10	12	13	14
Total de familias presentes por punto muestreado		18				19				15				16			

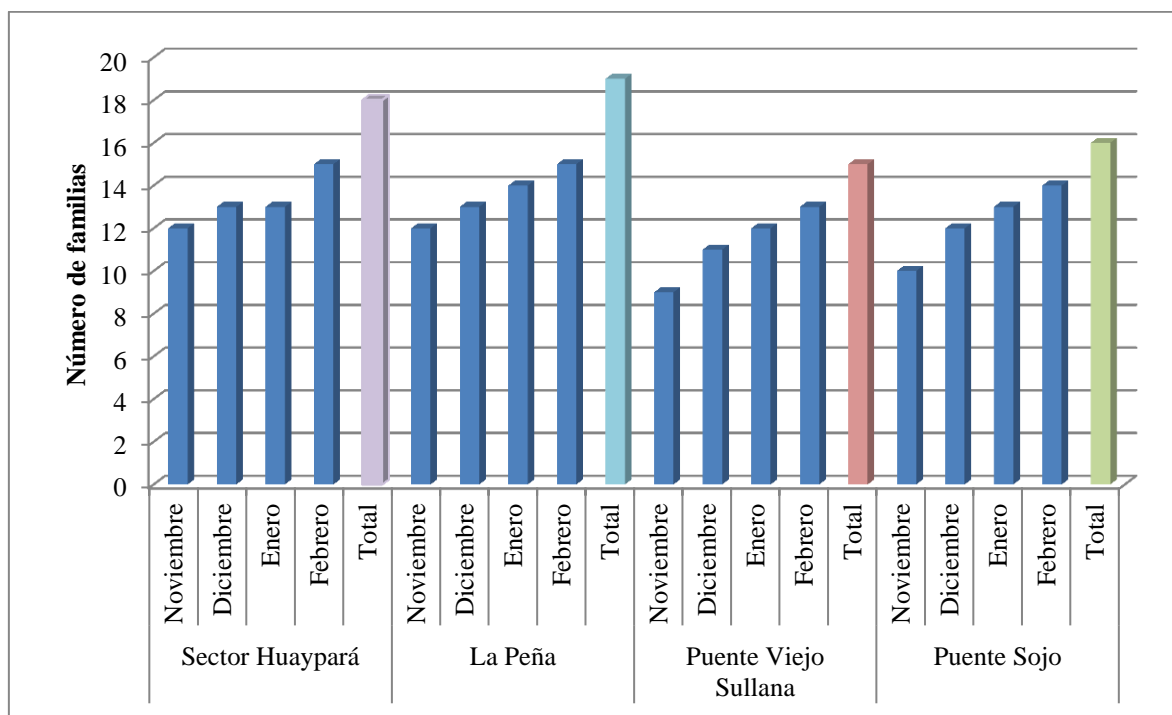


Fig.37. Número de familias presentes para cada punto muestreado en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

En la Figura 37 se observa que en La Peña se registró un total de 19 familias representando el máximo valor encontrado durante los muestreos; asimismo, el mínimo valor se presentó en el Puente Viejo Sullana con un total de 15 familias.

3.3.2. Utilización del Índice nPeBMWP – Biological Monitoring Working Party para los ríos del norte del Perú.

Para conocer la calidad del agua en el río Chira se utilizó la metodología establecida en el Índice biótico nPeBMWP que se calcula sumando las puntuaciones asignadas a las distintas familias de macroinvertebrados encontradas en el muestreo (Tabla 2) estableciendo los valores de la calidad del agua según su grado de sensibilidad a la contaminación (Tabla 3). El puntaje se asigna una sola vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en el sitio de estudio establece el valor final del índice biótico determinando la calidad del agua.

En la Tabla 11 se observa los puntajes asignados según el Índice nPeBMWP (Medina et al., 2008) a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en los puntos de muestreo del río Chira.

La metodología establece que el puntaje oscila entre los valores de 1 al 10 de acuerdo con la tolerancia a la contaminación orgánica de las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados.

En el muestreo se determinó el valor 7 como máximo puntaje alcanzado con la presencia de la familia Leptohyphidae del orden Ephemeroptera que corresponde a organismos característicos de aguas poco contaminadas (Anexo 7).

Asimismo, los organismos asignados con puntaje 6 son en su mayoría característicos de aguas poco contaminadas aunque también pueden presentarse en aguas moderadamente contaminadas. Las familias Thiaridae del orden Mesogastropoda, Libellulidae y Coenagrionidae del orden Odonata presentaron ese puntaje (Anexo 7).

El puntaje 5 se asigna a los macroinvertebrados acuáticos característicos de aguas moderadamente contaminadas, como las familias Gerridae del orden Hemiptera y Hidropsychidae del orden Trichoptera registradas en el muestreo (Anexo 7).

Los organismos con puntaje 4 son, en su mayoría, característicos de aguas moderadamente contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas contaminadas. Con este puntaje se presentaron las familias Baetidae del orden Ephemeroptera y Belostomatidae del orden Hemiptera.

Los macroinvertebrados acuáticos con puntaje 3 son, en su mayoría, característicos de aguas contaminadas aunque pueden presentarse algunos de aguas muy contaminadas. Se presentaron 8 familias, el mayor número registrado durante el muestreo. Así tenemos a las familias Glossiphoniidae del orden Rhynchobdellida, Physidae y Planorbiidae del orden Basommatophora, Sphaeriidae del orden Veneroidea; asicomo, las familias Cyprididae del orden Podocopa, Hydrophilidae del orden Coleóptera y Hebridae y Pleidae del orden Hemiptera.

Las familias Chironomidae y Culicidae del orden Díptera presentes en el muestreo son macroinvertebrados acuáticos con puntaje 2 característicos de aguas muy contaminadas.

Los organismos que registran valor 1 como mínimo puntaje son característicos de aguas altamente contaminadas. Se registró a la familia Tubificidae del orden Tubificidos.

Tabla 11. Puntaje según el Índice nPeBMWP (Medina et al., 2008) asignado a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos encontrados en los puntos de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

			Sector Huaypará				La Peña				Puente Viejo Sullana				Puente Sojo				
			2017		2018		2017		2018		2017		2018		2017		2018		
CLASE	ORDEN	FAMILIA	Nov	Dic	Ene	Feb	Nov	Dic	Ene	Feb	Nov	Dic	Ene	Feb	Nov	Dic	Ene	Feb	
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Oligochaeta	Tubificidos	Tubificidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Gastropoda	Mesogastro-poda	Thiaridae	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	Basommatophora	Physidae	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		Planorbiidae		3				3				3				3			
Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Ostracoda	Podocopida	Cypridae				3				3				3				3	
Insecta	Diptera	Chironomidae	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
		Culicidae		2	2			2	2			2	2			2	2		
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	7	7	7	7	7	7	7										
		Baetidae	4	4	4	4	4	4	4	4					4	4	4	4	
	Trichoptera	Hidropsychidae	5				5												
	Coleóptera	Hidrophilidae			3	3			3	3			3	3			3	3	
	Hemiptera	Hebridae							3	3			3	3			3	3	
		Belostomatidae				4				4								4	
		Pleidae				3				3				3				3	
		Gerridae	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Odonata	Libellulidae	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
		Coenagrionidae	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
nPeBMWP			51	51	51	59	51	51	54	55	35	40	43	47	39	44	47	55	

3.3.3. Calidad de agua mediante la utilización del Índice adaptado del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos del norte del Perú nPeBMWP

Tabla 12. Clasificación de la calidad de agua mediante la utilización del Índice adaptado del Biological Monitoring Working Party (BMWP) para ríos del norte del Perú nPeBMWP en los puntos de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

Puntos de muestreo	Puntuación obtenida				Promedio nPeBMWP	Calidad del agua	Grado de contaminación
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero			
Sector Huaypará	51	51	51	59	53	Regular	Aguas contaminadas (sistema alterado)
La Peña	51	51	54	55	52,75	Regular	Aguas contaminadas (sistema alterado)
Puente Viejo Sullana	35	40	43	47	41,25	Regular	Aguas contaminadas (sistema alterado)
Puente Sojo	39	44	47	55	46,25	Regular	Aguas contaminadas (sistema alterado)

La Tabla 12 indica los valores obtenidos del Índice nPeBMWP para determinar la calidad de agua mediante los macroinvertebrados acuáticos, están en relación con la suma de las puntuaciones de las familias presentes en el muestreo.

Se observa que el mayor puntaje del Índice nPeBMWP se registró en el Sector Huaypará en febrero 2018, con un valor de 59 presentando una calidad del agua regular con aguas contaminadas (sistema alterado). Asimismo, el menor puntaje del Índice nPeBMWP se registró con un valor de 35 que indica una calidad del agua mala y presenta aguas muy contaminadas con un sistema muy alterado (Tabla 3), registrado en el Puente Viejo Sullana en noviembre 2017.

En la Tabla 12 y Figura 38 se muestra que los valores promedio del Índice nPeBMWP para el Sector Huaypará, La Peña, Puente Viejo Sullana y Puente Sojo fueron 53; 52,75; 41,25 y 46,25 respectivamente. Por lo tanto, se estableció que la calidad del agua para los cuatro puntos de muestreo en el río Chira es regular, con la presencia de aguas contaminadas con un sistema alterado. En el índice, estos valores se encontraron con una puntuación de 36-60 calificados con calidad de agua regular (Tabla 3).

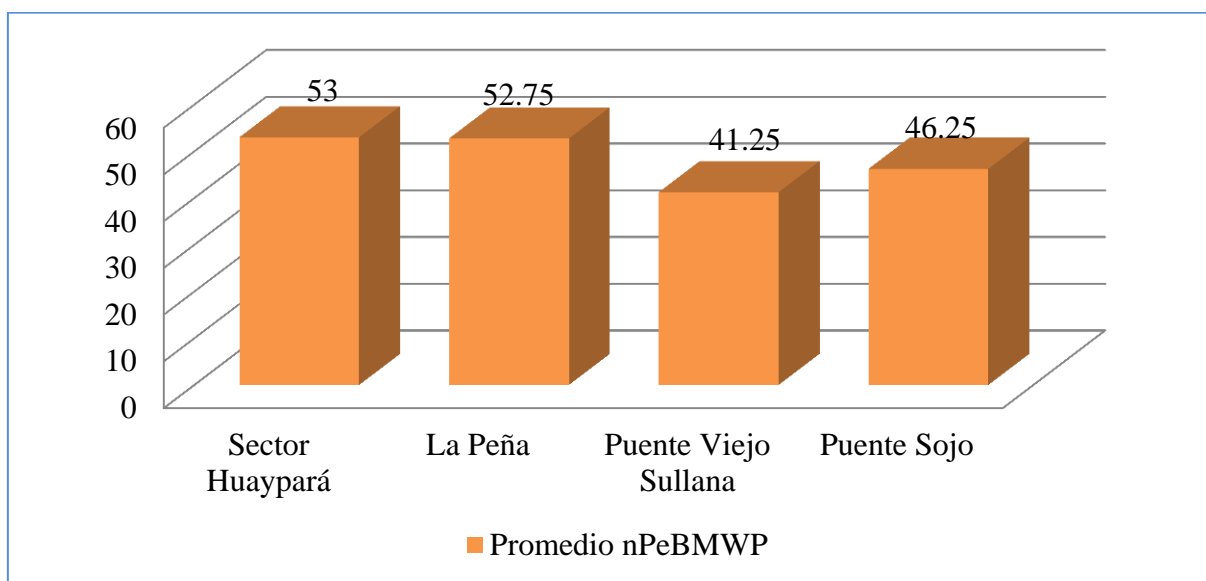


Fig.38. Valores promedios obtenidos del Índice nPeBMWP en los puntos de muestreo en el río Chira entre noviembre-diciembre 2017 y enero-febrero 2018.

3.4. ANÁLISIS MULTIVARIADO

Se realizó la correlación estadística de Pearson con el programa STATGRAPHICS Centurión, que calcula la relación o dependencia que existe entre dos variables que intervienen en una distribución bidimensional; se determinó que los cambios en una de las variables influyen en los cambios de la otra.

3.4.1. Correlación entre el número de familias presentes y los parámetros fisicoquímicos

La Tabla 13, se observan los resultados del total de número de familias presentes y el promedio de los parámetros fisicoquímicos por los cuatro puntos muestreados.

Tabla 13. Número de familias y parámetros fisicoquímicos de cada punto de muestreo en el río Chira para realizar la correlación estadística.

Puntos de muestreo	Número de familias	Promedio de los parámetros fisicoquímicos.			
		Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
Sector Huaypará	18	25,83	7,7775	7,725	537,5
La Peña	19	27,525	8,085	8,0775	644,75
Puente Viejo Sullana	15	29,4	7,605	0,9125	759,25
Puente Sojo	16	30,35	7,7925	7,8175	1702,25

En la Tabla 14, podemos observar los resultados de las correlaciones del número de familias y los parámetros fisicoquímicos de cada punto muestreado; asimismo, se muestra el comportamiento en forma gráfica de cada una de estas correlaciones (Figuras 39, 40, 41 y 42).

Tabla 14. Coeficiente de correlación entre el número de familias y los parámetros fisicoquímicos de cada punto de muestreo en el río Chira.

VARIABLES	Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
Número de familias	-0,751453	0,866599	0,746179	-0.475404

La correlación de Pearson entre la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y el número de familias es una correlación negativa con un valor de $-0,751$; indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables; es decir, a medida que aumenta la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), el número de familias de macroinvertebrados acuáticos disminuye en el río Chira (Figura 39).

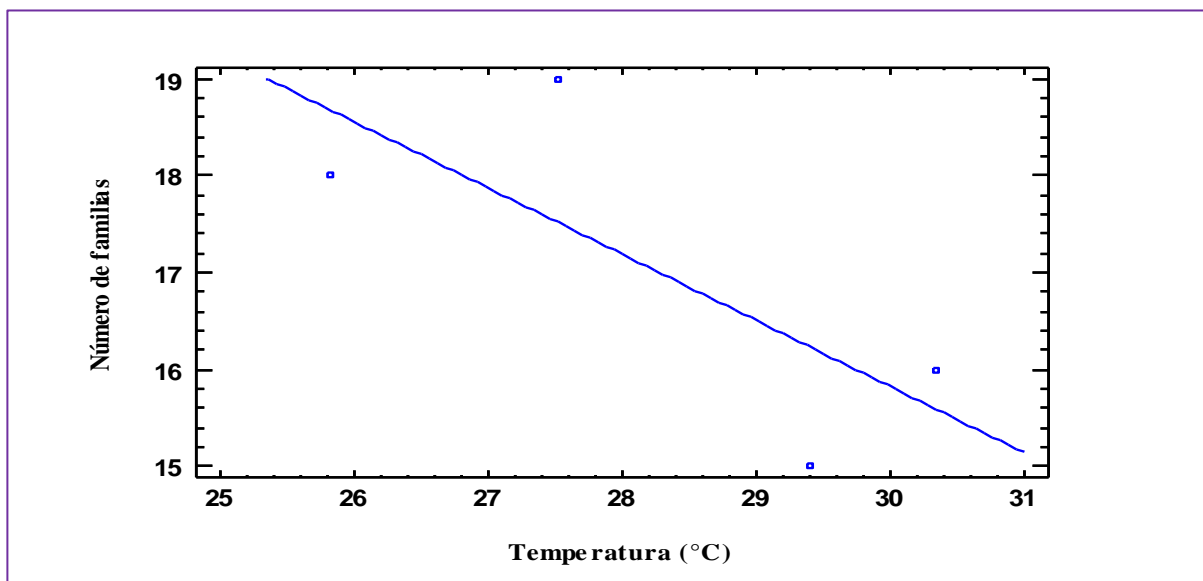


Fig.39. Comportamiento bidimensional de la correlación entre temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y número de familias presentes en cada punto de muestreado.

En la Figura 40, se observa una correlación positiva entre el potencial de hidrógeno (pH) y el número de familias, con un valor de $0,866$. En este caso, existe una correlación moderadamente fuerte entre las variables, es decir cuando aumenta el potencial de hidrógeno (pH), el número de familias de macroinvertebrados acuáticos también lo hace en proporción constante. El número de familias de macroinvertebrados acuáticos depende del potencial de hidrógeno (pH).

En la Figura 41, se muestra una correlación positiva entre el oxígeno disuelto (mg/L) y el número de familias con un valor de $0,746$; indicando una correlación fuerte entre las variables, decir cuando aumenta el oxígeno disuelto (mg/L), el número de familias de macroinvertebrados acuáticos también lo hace en proporción constante. El número de familias de macroinvertebrados acuáticos depende del oxígeno disuelto (mg/L).

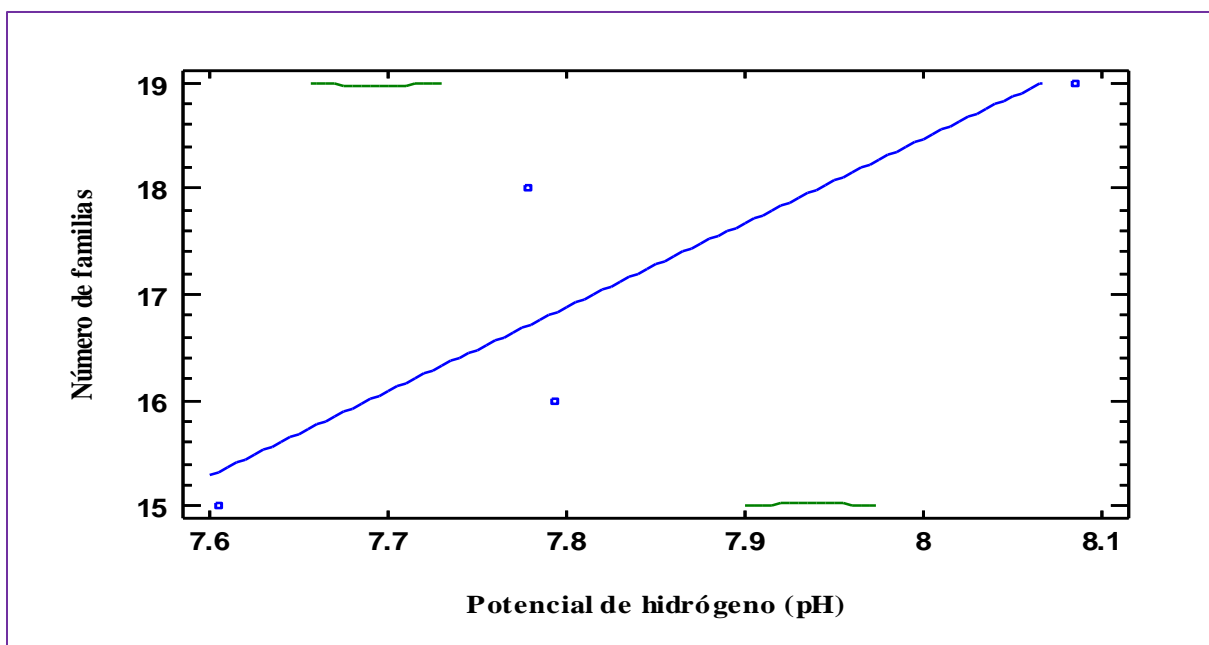


Fig.40. Comportamiento bidimensional de la correlación entre potencial de hidrógeno (pH) y número de familias presentes en cada punto de muestreo.

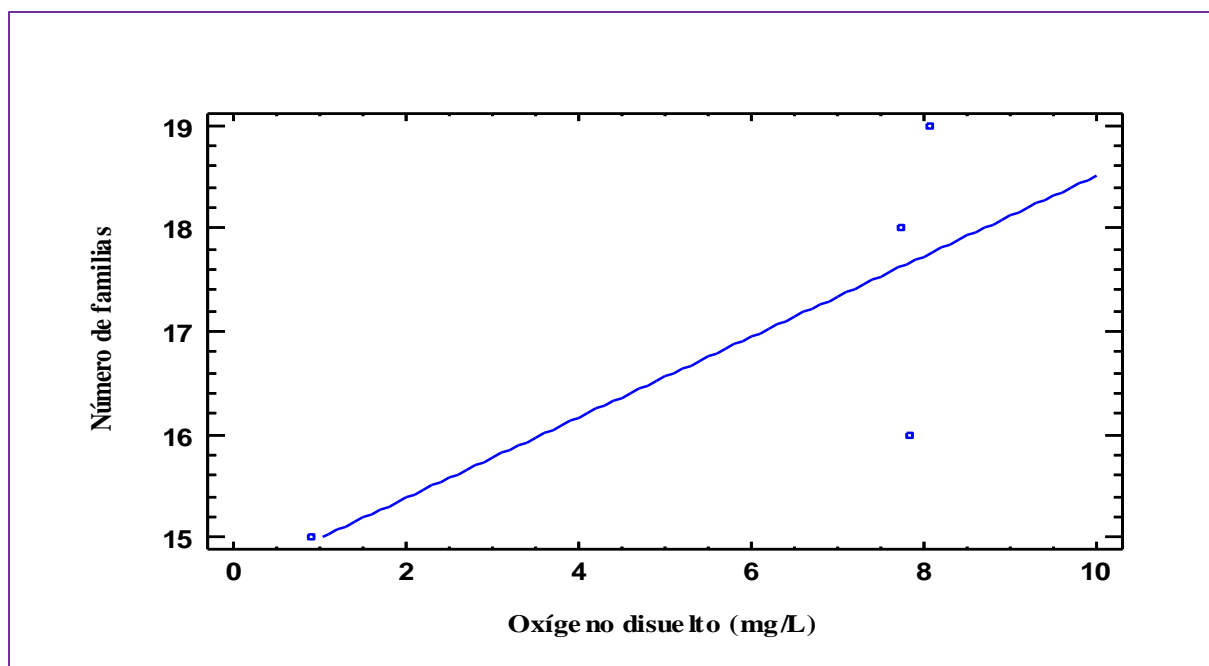


Fig.41. Comportamiento bidimensional de la correlación entre oxígeno disuelto (mg/L) y número de familias presentes en cada punto de muestreo.

En la Figura 42, se muestra que la correlación inversa entre la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y número de familias que es igual a $-0,475$; indicando una correlación relativamente débil entre las variables.

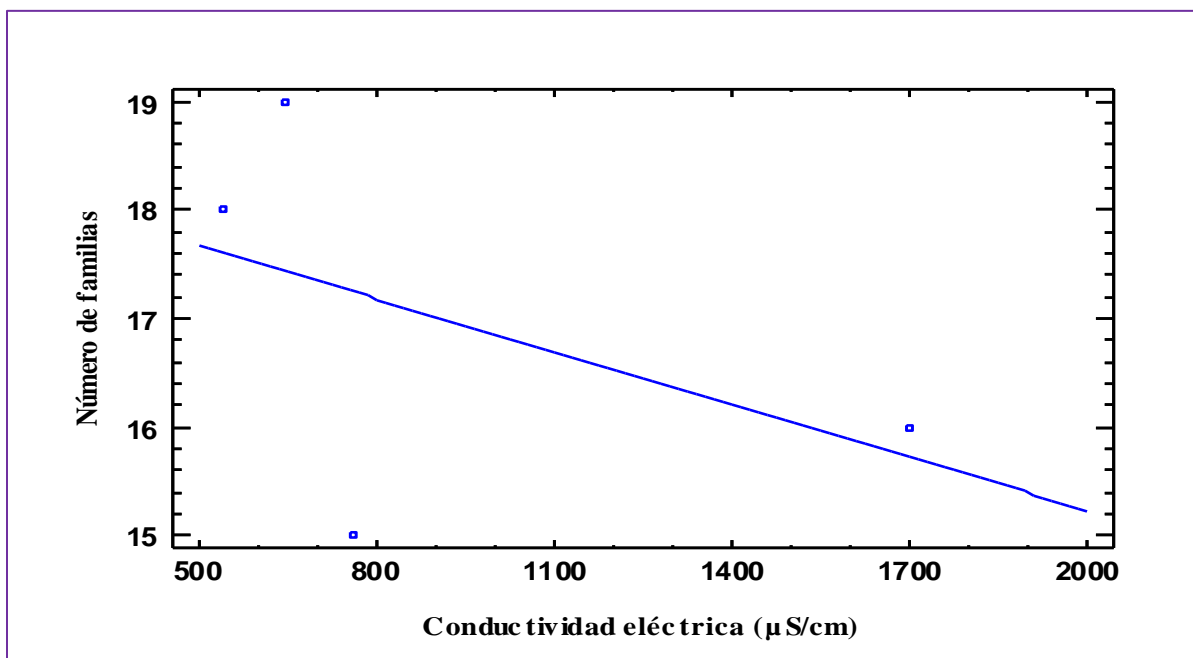


Fig.42. Comportamiento bidimensional de la correlación entre conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y número de familias presentes en cada punto de muestreo.

3.4.2. Correlación entre el Índice nPeBMWP y los parámetros fisicoquímicos

La Tabla 15, se observa los resultados de los valores promedios obtenidos del Índice nPeBMWP y los parámetros fisicoquímicos de cada punto de muestreo.

Tabla 15. Promedio del Índice nPeBMWP y parámetros fisicoquímicos de cada punto de muestreo en el río Chira, para realizar la correlación estadística.

Puntos de muestreo	Promedio del Índice nPeBMWP	Promedio de los parámetros fisicoquímicos			
		Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
Sector Huaypará	53	25,83	7,7775	7,725	537,5
La Peña	52,75	27,525	8,085	8,0775	644,75
Puente Viejo Sullana	41,25	29,4	7,605	0,9125	759,25
Puente Sojo	46,25	30,35	7,7925	7,8175	1702,25

En la Tabla 16, se observa los resultados de las correlaciones del Índice nPeBMWP con cada uno de los principales parámetros fisicoquímicos analizados; se determinó que los cambios en una de las variables influyen en los cambios de la otra.

Asimismo, en forma gráfica se muestra el comportamiento de cada correlación (Figuras 43, 44, 45 y 46).

Tabla 16. Coeficiente de correlación entre el Índice nPeBMWP y los resultados fisicoquímicos de cada punto de muestreo en el río Chira.

VARIABLES	Temperatura (°C)	Potencial de hidrógeno (pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
Índice nPeBMWP	-0,7931	0,7561	0,8380	-0,3849

La correlación de Pearson es negativa entre la temperatura (°C) y el Índice nPeBMWP con un valor de $-0,7931$. Es una correlación moderadamente fuerte entre variables; a medida que aumenta la temperatura (°C) disminuye el Índice nPeBMWP (Figura 43).

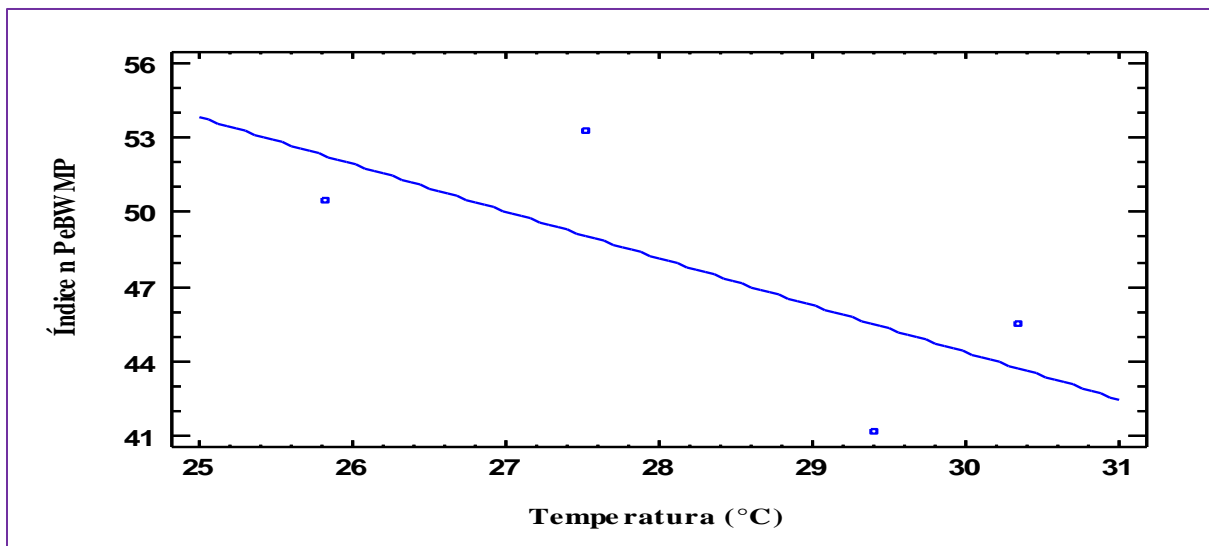


Fig.43.Comportamiento bidimensional de la correlación entre temperatura (°C) y el Índice nPeBMWP.

Para el potencial de hidrógeno (pH) se observa que existe una correlación positiva con el Índice nPeBMWP es igual a $0,7561$; indicando una correlación moderadamente fuerte entre las variables, cuando aumenta el potencial de hidrógeno (pH) el Índice nPeBMWP también lo hace en proporción constante (Figura 44).

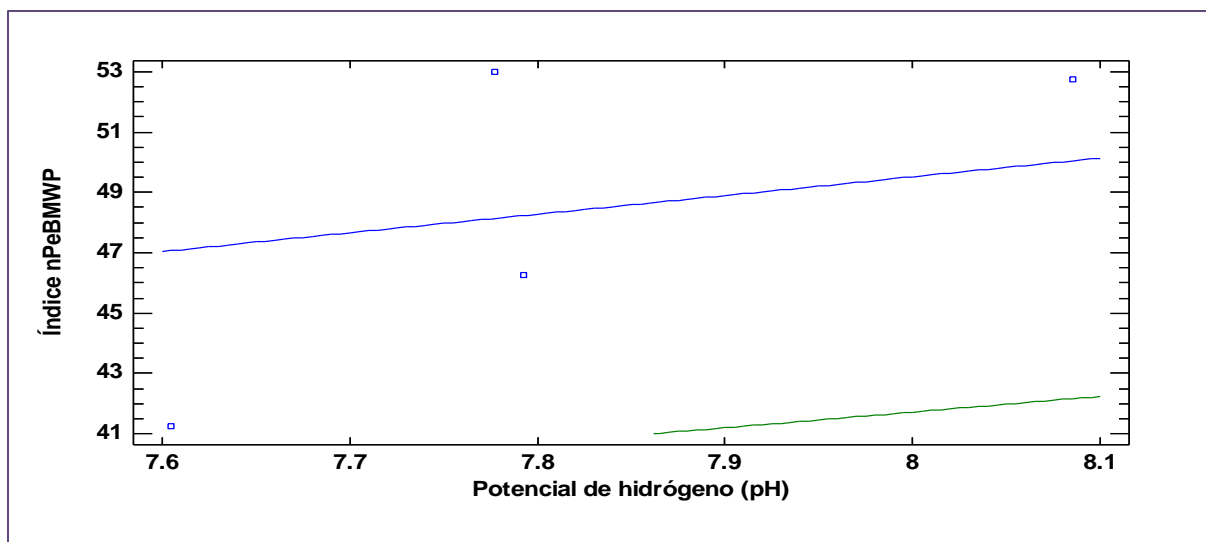


Fig.44. Comportamiento bidimensional de la correlación entre potencial de hidrógeno (pH) y el Índice nPeBMWP en cada punto de muestreo.

Para el oxígeno disuelto (mg/L) se observa que existe una correlación positiva con el Índice nPeBWMP es igual a 0,8380; indicando una correlación moderadamente fuerte entre las variables, decir cuando aumenta el oxígeno disuelto (mg/L) el Índice nPeBWMP también lo hace en proporción constante (Figura 45).

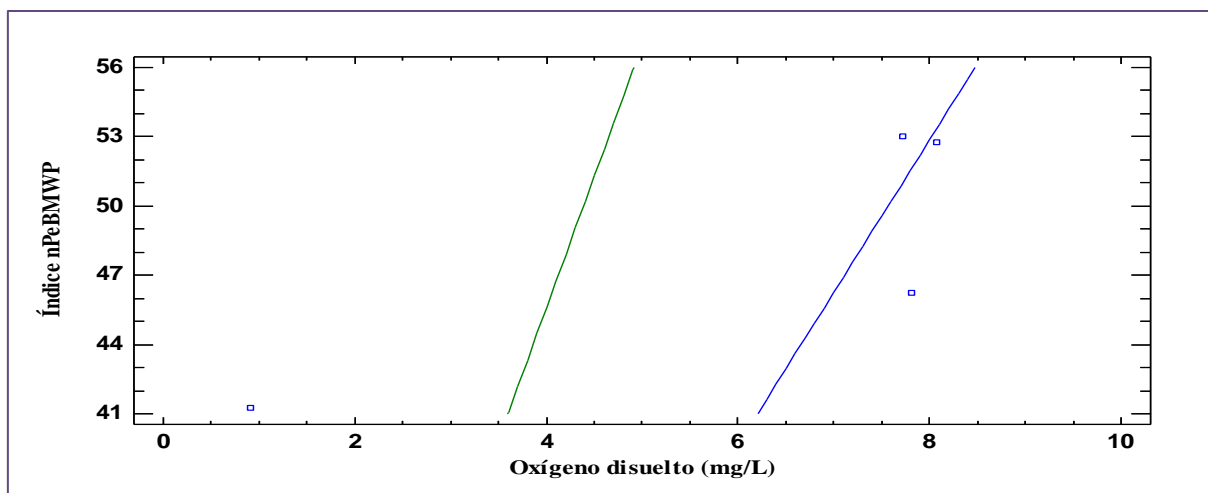


Fig.45. Comportamiento bidimensional de la correlación entre oxígeno disuelto (mg/L) y el Índice nPeBWMP en cada punto de muestreo.

Para la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) con el Índice nPeBWMP es igual a -0,3849; indicando una correlación relativamente débil entre las variables (Figura 46).

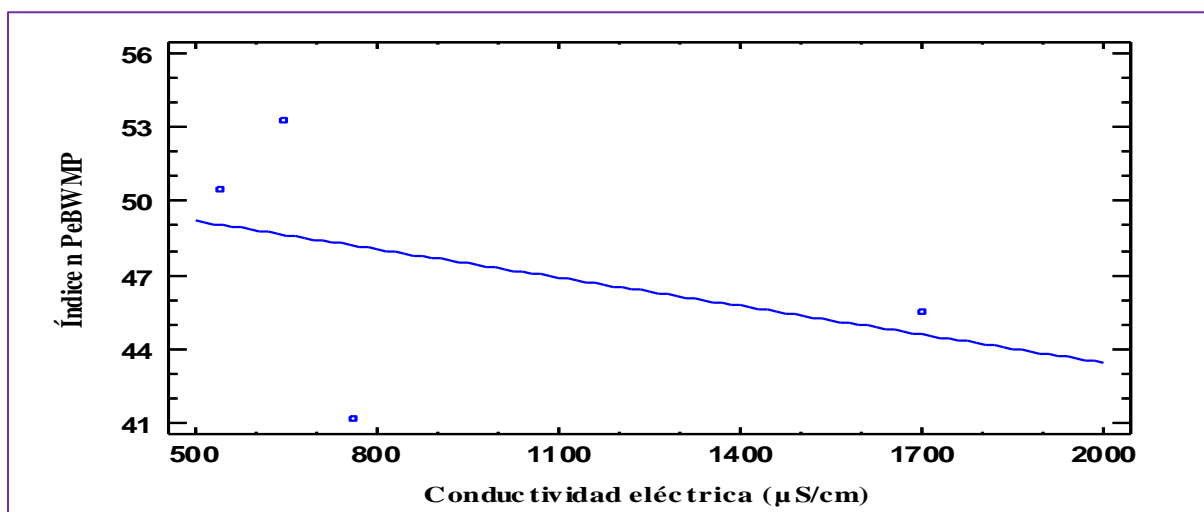


Fig.46. Comportamiento bidimensional de la correlación entre conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y el Índice nPeBWMP en cada punto de muestreo.

3.4.3. Correlación entre el número de familias con los valores promedios obtenidos del Índice nPeBMWP

La Tabla 17, se observa los resultados del total del número de familias presentes en cada punto de muestreo con los valores promedios obtenidos del Índice nPeBMWP determinados también en cada punto de muestreo.

Tabla 17. Promedio del Índice nPeBMWP y el número de familias de cada punto muestreado en el río Chira para realizar la correlación estadística.

Puntos de Muestreo	Número de familias	Índice nPeBMWP
Sector Huaypará	18	53
La Peña	19	52,75
Puente Viejo	15	41,25
Sullana		
Puente Sojo	16	46,25

Tabla 18. Coeficiente de correlación entre el Índice nPeBMWP y el número de familias de cada punto muestreado en el río Chira.

VARIABLES	Número de familias
Índice nPeBMWP	0,9612

En la Tabla 18 se observa que la correlación de Pearson entre el número de familias y el Índice nPeBMWP es positiva con un valor de 0,9612; representa una correlación fuerte entre las variables, es decir el Índice nPeBMWP demuestra la dependencia con el número de familias de macroinvertebrados, a medida que aumenta el número de familias aumenta el Índice nPeBMWP (Figura 47).

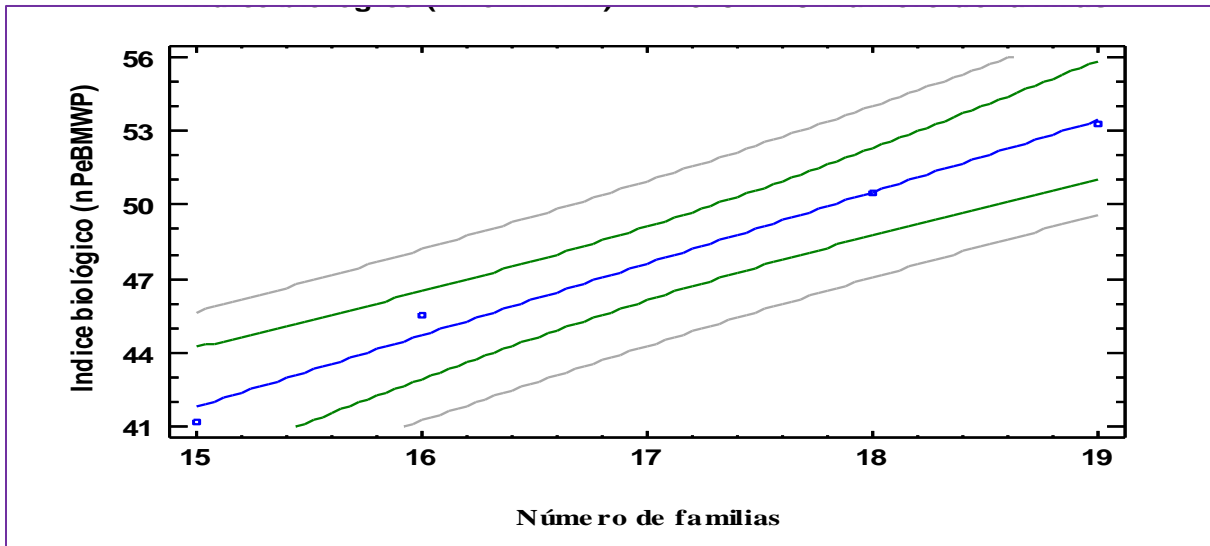


Fig.47. Comportamiento bidimensional del número de familias entre el Índice nPeBWMP en cada punto de muestreo.

IV. DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos dan una información amplia de las propiedades del agua y de las sustancias químicas que en ella se encuentran. Estos análisis suelen ser rápidos y pueden ser monitoreados con frecuencia (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007). Las comunidades acuáticas responden a las diferentes características fisicoquímicas del agua. Estas características pueden variar de acuerdo al grado de contaminación al que han sido expuestas (Lopes, Dias, Cardoso y Silva, 2015). Los organismos acuáticos, por ejemplo, son sensibles a la disminución de oxígeno disuelto, cambios de temperatura, conductividad eléctrica y grado de acidez o basicidad (pH) (Roldan, 1996). Por esa razón, durante el muestro se evaluó *in-situ* los parámetros fisicoquímicos: temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto (mg/l) y conductividad eléctrica (µs/cm) para conocer cómo influyen en el desarrollo de los macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Chira.

El parámetro de temperatura es crucial porque aporta la energía directamente de la radiación solar, la cual regula numerosos procesos físicos, químicos y biológicos (Roldan, 1999). Los valores de la temperatura en los cuatro puntos de muestreo del río Chira se registraron dentro de los límites establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1 Poblacional y Recreacional A2 y Categoría 3 Riego de Vegetales y bebida de animales.

Medina et al. (2012) sostiene que las cuencas de la vertiente norte de los andes occidentales son de predominancia de sustratos geológicos de naturaleza básica o sedimentaria, con una importante reserva alcalina a causa de la solubilidad de las rocas y materiales. Esto se evidencia en los valores de potencial de hidrógeno (pH) registrados en los muestreos entre 7,36 a 8,26 unidades, determinando que la característica predominante del agua del río Chira es ligeramente alcalina. Estos valores no alteran el desarrollo de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, ubicándose dentro de los parámetros normales de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua en la Categoría 1-A2, donde el parámetro pH tiene un intervalo de 5,5 a 9,0 unidades y de 6,5 a 8,5 unidades en la Categoría 3.

Mitchell, Stapp y Bixby (2014) sostiene que el oxígeno disuelto es uno de los parámetros más relevantes para evaluar la calidad del agua, porque está asociado a la contaminación orgánica. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos. En los muestreos realizados en el río Chira en el punto Puente Viejo registró los más bajos valores de oxígeno disuelto 0,54 a 1,19 mg/L presentando una mala calidad de agua según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua establecen que los valores mínimos del parámetro oxígeno disuelto son ≥ 5 en la Categoría 1-A2 y ≥ 4 en la Categoría 3 debido a las descargas de vertimientos con alto contenido de materia orgánica y nutrientes, conducen al descenso de la concentración de oxígeno, por el incremento de la demanda para su degradación.

La ANA (2015) indica que el parámetro de conductividad eléctrica va incrementándose a lo largo del eje del río Chira. Sostiene que hay tres puntos donde éste parámetro supera el límite establecido en los ECA para Agua: Puente Sojo, El Arenal y Miramar, que corresponden a la parte final del río Chira. En el muestreo, se corroboró lo indicado la ANA; se registró un incremento de la conductividad eléctrica con valores de 467 a 1948 $\mu\text{S}/\text{cm}$; siendo el Puente Sojo, el punto de muestreo que registró los valores más altos. Con relación a los ECA para Agua Categoría 1-A2, en el Puente Sojo no se cumplieron con los límites establecidos, registrando valores de 1850 y 1948 en enero y febrero 2018 respectivamente, superando los 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecidos por ley. Asimismo, los valores de conductividad eléctrica en La Peña, Sector Huaypará, Puente Viejo y Puente Sojo se registraron dentro de los límites establecidos en los ECA para Agua Categoría 3. Castellanos, Pizarro y Cuentas (2017) afirma que los valores de conductividad fueron altos debido a las sales de carbonato de calcio y magnesio se lixivian desde los suelos al agua por escorrentía y corrientes temporales, que describen un gradiente que aumenta en toda una cuenca.

En el muestreo, la composición taxonómica de macroinvertebrados acuáticos se conformó por 21 géneros, 20 familias, 12 órdenes, 6 clases y 3 phylum, con predominio de la clase Insecta; con ello, se corrobora lo establecido por Roldan (2003) que sostiene que esta

clase, constituye generalmente entre el 85 y 95% del total de organismos presentes en los ecosistemas lóticos, debido a su óptimo establecimiento y desarrollo en estos ambientes.

Se determinó la presencia predominante de 9 familias (Glossiphoniidae, Tubificidae, Thiaridae, Physidae, Chironomidae, Sphariidae, Gerridae, Libellulidae y Coenagrionidae) en todos los puntos de muestreo en noviembre y diciembre 2017 y enero y febrero 2018. Pennak (1978) menciona que estas familias habitan por lo regular en aguas quietas o de poco movimiento y toleran condiciones bajas de oxígeno, por lo cual son frecuentes y numerosas en lugares donde hay abundante materia orgánica en descomposición. Así tenemos que, en el punto Puente Viejo Sullana se presentaron los valores más bajos de oxígeno disuelto (0,54 a 1,19 mg/L) comprobando que estas familias toleran condiciones bajas de oxígeno.

Las familias Glossiphoniidae y Tubificidae se caracterizan por vivir en aguas contaminadas y muy contaminadas, asociados a materia orgánica (Roldán y Ramírez, 2008). La presencia de estas familias ratifica condiciones de deterioro del agua y son reconocidas como indicadores de aguas de mala calidad (Álvarez, 2009). Las familias Glossiphoniidae y Tubificidae son tolerantes a bajas condiciones de oxígeno (Roldán y Ramírez, 2008); lo que se evidencia en el muestreo realizado en el Puente Viejo Sullana.

Dentro del orden Mesogastropoda, la familia Thiaridae fue reportada por Trama (2014) quién identificó la presencia de la especie *Melanoides tuberculatus* como un organismo tolerante a la contaminación. Asimismo, Rivera, Pinilla y Camacho (2013) sostienen que la familia Physidae es característica de aguas con importantes niveles de contaminación. Las familias Thiaridae y Physidae pertenecen al phylum Mollusca reportándose el muestreo, estas familias registraron rangos de conductividad eléctrica de entre 467 a 1948 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y de entre 7,36 a 8,26 unidades para el potencial de hidrógeno. Estos resultados concuerdan con lo afirmado por Roldan (1996) que sostiene que los organismos pertenecientes al phylum Mollusca viven por lo general en ambientes con muchas sales, considerándolos como indicadores de aguas duras y alcalinas.

Gamboa (2008) sostiene que la familia Chironomidae se relaciona con su capacidad para tolerar altos grados de contaminación del agua. Estas larvas viven en aguas estancadas o de corriente, resisten altos grados de contaminación y son indicadores de agua de mala calidad. Pezo (2018) indica que fisiológicamente pueden resistir grados de contaminación acuática, ya sea en aguas estancadas o de corriente, estos organismos considerados como buenos indicadores de aguas de baja calidad. En el muestreo, se observó la presencia de esta familia en los cuatro puntos; asignándole un puntaje de tolerancia 2 a los niveles de contaminación, lo que permitió determinar que la calidad del agua fue regular en todos los puntos y mala en el Puente Viejo Sullana (Noviembre 2017) con grado de contaminación de aguas contaminadas y muy contaminadas.

Las familias Libellulidae y Coenagrionidae se presentaron en los cuatro puntos de muestreo del río Chira. Estas familias pueden soportar grados altos de contaminación y prefieren la vegetación de la orilla (Roldán, 1999). Según, las puntuaciones asignadas por Medina et al. (2008) estos macroinvertebrados acuáticos son en su mayoría característicos de aguas poco contaminadas, aunque pueden presentarse algunas de aguas moderadamente contaminadas. Peralta y Huamantínco (2014) observaron a la familia Coenagrionidae con los géneros *Ischnura* y *Argia* y a la familia Libellulidae con el género *Peritemis* en los Humedales de Villa y los calificó como insectos tolerantes a contaminación orgánica, los géneros *Ischnura*, *Argia* y *Peritemis* también se registraron en el muestreo del río Chira.

Rodríguez, Ospina, Gutiérrez y Ovalle (2007) en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, la familia Hydropsichidae del orden Trichoptera decreció aguas abajo, lo que nos indica menor calidad de agua; además Forero (2013) encontró esta familia asociada a materia orgánica; guarda relación la presencia de la familia Hydropsichidae encontrada en el río Chira en Noviembre 2017 en los punto Sector Huaypará y La Peña con puntaje 5 en la escala de IBMWP denota que este macroinvertebrado es característico de aguas moderadamente contaminadas.

Roldán (1999) sostiene que los Ephemeropteros son considerados como indicadores ecológicos de buena calidad; asimismo, Cordero (2015) afirma que estos macroinvertebrados

acuáticos no soportan los potenciales de hidrógeno (pH) ácidos. Medina et al. (2008) sostiene que la familia Leptohyphidae es característica de aguas poco contaminadas. Los Efemerópteros tienen prolongaciones branquiales laminares en el abdomen, las cuales le sirven para aumentar la superficie respiratoria de su cuerpo. Se ha encontrado que este tipo de estructuras es más desarrollado en organismos que viven en medios con déficit de oxígeno y es menos desarrollado en aguas oxigenadas (Roldán y Ramírez, 2008). En el Sector Huaypará y La Peña se registró la presencia de la familia Leptohyphidae del orden Ephemeroptera, debido al pH alcalino y al oxígeno disuelto registrado con valores promedio normales (7,77 y 8,08 mg/L), que permiten el óptimo desarrollo de estos macroinvertebrados acuáticos. Cabe indicar, que el Sector Huaypará y La Peña presentaron aguas contaminadas con calidad del agua regular; sin embargo, presencia de la familia Leptohyphidae se relaciona a los valores óptimos de los parámetros de potencial de hidrógeno y oxígeno disuelto registrados.

Por su parte, la familia Baetidae del orden Ephemeroptera no se reportó en el punto Puente Viejo Sullana con el género *Baetis* sp. y *Tricorythodes* sp. de la familia Leptohyphidae debido a un déficit de oxígeno con un valor promedio de 0,91 mg/L, las cuales no toleran valores de oxígeno bajos.

Forero (2013) en la quebrada La Marinilla de la cuenca del río Negro en Colombia determinó que las familias Physidae, Planorbiidae, Sphaeriidae, Cypridae, Hydrophilidae, Hebridae y Pleidae son tolerantes a la contaminación; las cuales se adaptan a condiciones de calidad del agua deficientes y se desarrollan, generalmente, en medios con abundante materia orgánica y condiciones de bajos niveles de oxígeno disuelto; calificando de “dudosa” la calidad el agua de la quebrada La Marinilla. Por su parte, Pezo (2018) registró la presencia de las mismas familias en la zona alta San Roque del río Cumbaza en Perú, otorgando una calificación de “dudosa” a la calidad del agua, con aguas moderadamente contaminadas. En el río Chira, en el Sector Huaypará, La Peña, Puente Viejo Sullana y Puente Sojo se registró la presencia de estas familias de macroinvertebrados acuáticos permitieron calificar la calidad del agua como “regular” con aguas contaminadas (sistema alterado) a partir de los resultados obtenidos con el Índice nPeBMWP.

Los valores del Índice IBMWP recomendado por Prat et al. (1999) y adaptado por Medina et al. (2008) nPeBMWP – Biological Monitoring Working Party para los ríos del norte del Perú, establecen que la sumatoria de los puntajes asignados a las familias de macroinvertebrados acuáticos que arrojan resultados >100 califican a la calidad del agua como “buena”, con aguas muy limpias o no alteradas de modo sensible. Los puntajes que van desde 61 hasta 100 otorgan a la calidad del agua una calificación de “aceptable”, con evidencias de algunos efectos de contaminación; asimismo, los rangos de entre 36 hasta 60, obtienen una calificación “regular” con aguas contaminadas (sistema alterado). Los puntajes desde 16 hasta 35, se les designa como una “mala” la calidad del agua, con aguas muy contaminadas (sistema muy alterado) y los puntajes <15 como una “pésima” calidad del agua, con aguas fuertemente contaminadas (sistema fuertemente alterado).

A partir de los valores obtenidos con la aplicación del Índice biótico nPeBMWP adaptado del IBMWP, se calificó como regular a la calidad del agua del río Chira, con aguas contaminadas con sistema alterado. Los valores promedio del Índice biótico nPeBMWP se registraron entre los rangos desde 36 hasta 60; así tenemos, Sector Huaypará 53; La Peña 52,75; Puente Viejo Sullana 41,25 y en el Puente Sojo 46,25. En noviembre 2017, se obtuvo un puntaje de 35 para el Puente Viejo Sullana, otorgando una calificación de mala calidad del agua grado de contaminación de aguas muy contaminadas con sistema alterado; en relación a lo comentado por Ozcos et al. (2006) el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos representa una herramienta útil y rápida para la evaluación de la calidad de las aguas.

Los parámetros fisicoquímicos de temperatura, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica son los que suelen ejercer una importante influencia sobre la distribución de los macroinvertebrados acuáticos (Vivas et al., 2004) y son a menudo los parámetros fisicoquímicos, a los cuales los organismos son más sensibles (Roldan, 2003); hemos corroborado en el Puente Viejo Sullana presento los valores más bajos de oxígeno disuelto lo que afecto negativamente a los macroinvertebrados, sobre todo a los grupos más sensibles como la familia Leptohyphidae del orden Ephemeroptera que no se encontraron en dicho punto; al correlacionar el número de familias con los parámetros fisicoquímicos y el índice con los parámetros fisicoquímicos podemos afirmar que los cambios de los parámetros

fisicoquímicos influyen en los macroinvertebrados; al correlacionar el parámetro temperatura con el número de familias de macroinvertebrados presentes en el muestreo, se observó una correlación negativa con un valor de -0,7515, asimismo, en la correlación de este parámetro con el Índice nPeBMWP se obtuvo un valor de -0,7931 ambas correlaciones fueron moderadamente fuertes; tenemos las correlaciones positivas y moderadamente fuertes al correlacionar el parámetro potencial de hidrógeno con el número de familias y el Índice nPeBMWP obteniendo valores de 0,8665 y 0,7561 respectivamente, además al correlacionar entre el oxígeno disuelto y el número de familias; así como, entre el Índice nPeBMWP y oxígeno disuelto con valores de 0,7462 y 0,8380 respectivamente, de igual manera, al correlacionar el parámetro conductividad eléctrica y el número de familias se registró un valor de -0,4754 y de -0,3849 al correlacionarlo con el Índice nPeBMWP; estos valores nos permiten establecer correlaciones relativamente débiles con este parámetro, además, en el muestreo, se registró una correlación positiva y moderadamente fuerte entre el número de familias y el Índice nPeBMWP con un valor de 0,9612 observando un aumento en el número de familias conlleva un aumento del Índice nPeBMWP existiendo dependencia entre ambos.

V. CONCLUSIONES

Se determinó como indicadores biológicos 21 géneros, 19 familias, 12 órdenes, 6 clases y 3 phylum.

Los macroinvertebrados acuáticos encontrados en los cuatro puntos de muestreo en el río Chira fueron: *Glossiphonia complanata*, *Branchiura* sp., *Melanoides tuberculatus*, *Pomacea* sp., *Physa chilensis*, *Drepanotrema* sp., *Podocopa* sp., *Pisidium* sp., *Chironominae* sp., *Culex* sp., *Tricorythodes* sp., *Baetis* sp., *Smicridea* sp., *Tropisternus* sp., *Hebrus* sp., *Belostoma* sp., *Paraplea* sp., *Eurygerris kahli*, *Peritemis* sp., *Ischnura* sp., *Argia* sp.

Con el Índice nPeBMWP se obtuvieron valores promedios de 53 en el Sector Huaypará; 52,75 en La Peña; 41,25 en el Puente Viejo Sullana y 46,25 en el Puente Sojo calificando la calidad de agua como Regular con aguas contaminadas con sistema alterado en los cuatro puntos de muestreo en el río Chira, asimismo, en el Puente Viejo Sullana se obtuvo en el mes de noviembre un valor de 35 que indica una calidad del agua mala y presenta aguas muy contaminadas con un sistema alterado.

Según el Índice nPeBMWP los macroinvertebrados acuáticos tolerantes a la contaminación fueron: *Glossiphonia complanata*, *Branchiura* sp., *Melanoides tuberculatus*, *Physa chilensis*, *Drepanotrema* sp., *Pisidium* sp., *Podocopa* sp., *Chironominae* sp., *Culex* sp., *Tricorythodes* sp., *Baetis* sp., *Smicridea* sp., *Tropisternus* sp., *Hebrus* sp., *Belostoma* sp., *Paraplea* sp., *Eurygerris kahli*, *Peritemis* sp., *Ischnura* sp., *Argia* sp.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones mediante muestreos estacionales en las cuencas de los ríos Chira y Piura, para conocer el número de familias de macroinvertebrados acuáticos presentes y utilizando los índices bióticos para establecer la calidad del agua en los mencionados ríos.

Incorporar el uso índices bióticos en los monitoreos de calidad de agua como un método alternativo complementario a los análisis fisicoquímicos, para detectar evidencias de contaminación ocurridas con anterioridad.

Implementar acciones de sensibilización por parte de las instituciones competentes, a fin de promover cultura del agua, en las poblaciones ubicadas en los márgenes del río Chira, en la provincia de Sullana que con lleve a disminuir y/o evitar la contaminación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, M. (2007). *El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua*. Revista Biocenosis 20 (1-2).
- Alba, J., y Sánchez, A. (1988). *Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el Hellawell(1978)*. Limnetica, 4, pp.51-56.
- Alba, J. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA).II. pp. 203-203.
- Alonso, A., y Camargo, J. (2005). *Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles*. Ecosistemas 14 (3). Asociación Española de Ecología Terrestre. España.
- Álvarez, M. (2009). *Estudio de la variabilidad espacio-temporal de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ecosistemas fluviales de Cantabria*. Repercusiones para la aplicación de la directiva marco del agua. Universidad de Cantabria. Santander, España.
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Evaluación Hidrobiológica de la cuenca del río Chira. Informe N° 1*.
- Castellanos, K., Pizarro, J., y Cuentas, K. (2017). “Lentic water quality characterization using macroinvertebrates as bioindicators”. An adapted BMWP index”
- Castillo, L. (2006). *Pesticide impact of intensive banana production on aquatic ecosystems in Costa Rica*. Stockholm University, Stockholm, Sweden.18.
- Chila, M. (1998). *An attempt to application of benthic macroinvertebrates for the assessment of water quality*. Acta Hydrobiol, vol.40: 55- 65.
- Cordero, A. (2015). *Calidad del agua para los ríos alto andinos, mediante indicadores biológicos*. 104.

- Damanik, A., Minar, L., y Boets, K. (2016). “*Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices*”.
- Domínguez, E., y Fernández, H. (1994). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y Biología*. Tucumán: Fundación Miguel Lillo.
- Endara, A. (2012). *Identificación de macroinvertebrados bentónicos en los ríos: Pindo, Mirador, Alpayucu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua*. Enfoque Universidad Tecnológica Equinoccial 3 (2): 33-41. Ecuador.
- Forero, A. (2013). *Evaluación de la calidad del agua del río Opia mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros físico-químicos*. Colombia.
- Fukushima, M., Sifuentes, G., Saldaña, G., Castillo, G., Reyes, J., y Shimokawa, L. (1982). Catedra de Limnologia “*Métodos limnológicos*”. Universidad Nacional de Trujillo.
- Gamboa, M. (2008). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la salud ambiental*. Boletín de malariología y salud ambiental, España.
- Gomez, M. (2005) “*Inferencia Estadística*”, Madrid. España.
- Kalender, E., Engin, E., y Faruk, Y. (2001). *Determination of water quality with microorganism and macroinvertebrates as bioindicators* (a preliminary study on abant creek-bolu) departamento of biology of arts and sciences abantizzetbaysal university bolu-turkey.
- Ladrera, R., Rieradevall, M., y Prat, N. (2013). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos: Una herramienta didáctica*. Ikastorratza. e-Revist de Didactica I; pp. 01-18.
- Lopes, J., Dias, Cardoso, A., y Silva, C. (2015). “*The water quality of the Ria de Aveiro lagoon*”. Portugal. From the observations to the implementation of a numerical model. Mar. Environ.
- Mafla, M. (2005). *Guía para evaluaciones ecológicas rápidas con indicadores biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca – Costa Rica. Macroinvertebrados (BMWP- CR-*

- Biological Monitoring Working Party*) y *Hábitat (SVP- Stream Visual Assessment Protocol)*. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 87.
- Medina, C. (2007). *Estado Ecológico del Río Chicama. Regiones. La Libertad y Cajamarca. Perú. 2006*. (Tesis Doctoral). Trujillo: Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Trujillo.
- Medina, C., Hora, M., Ascencio, I., Pereda, W., y Gabriel, R. (2008). *El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama*. La Libertad. Perú.
- Recuperado de:
<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/download/280/284>
- Medina, C., Hora, M., Pereda, W., Gabriel, R., y Asencio, I. (2012). *Caracterización físico-química de los ríos de las cuencas Perejil, Caballo Moro y Chuyugal, en el Alto Chicama. La Libertad*. 2008. ACIENDO 15 (2):1-12
- Mendes, T., Elias, C., Almeida, S., Calapez, A., y Feio, M. (2014). *Comparing alternatives for combining invertebrate and diatom assessment in stream quality classification*. Marine and Freshwater Research 65 (7): 612- 623.
- Merritt, R., y Cummins, K. (1996). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd Edition. Kendall/ Hunt Co. 1218 pp.
- Mitchell, M., Stapp, W., y Bixby, K. (2014). “Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo”. Cuarta edición. Proyecto del Río. New México. USA.
- Naranjo, C., Gonzales, D., Garcés, G., Brandimarte, L., Muñoz, S., y Musle, Y. (2005). *Una metodología rápida y de fácil aplicación para la evaluación de la calidad del agua utilizando el índice BMWP- Cuba para rios cubanos*.

- Oscoz, J., Galicia, D., y Miranda, R. (2009). *Guía de identificación de macroinvertebrados de agua dulce de España*. 173 pp. Departamento de Zoología y Ecología, Universidad de Navarra.
- Paredes, C., Iannaccone, J., y Alvarino, L. (2005). *Uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rimac, Lima-Callao, Perú*. Revista Colombiana de Entomología, 31 (2), 219-225.
- Peralta, J., y Huamantínco, A. (2014). *Diversidad de la Entomofauna acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de Villa, Lima, Perú*. Rev. Perú. entomol. 49(2): pp.109-119.
- Pennak, R. (1978). *Fresh water invertebrates of the United States*. Willey- Interscience. New York. 803.
- Pezo, M. (2018). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua para regadío del río Cumbaza, Tarapoto, Perú* (Tesis Doctoral), Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.
- Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., y Rieradevall, M. (1999). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. En: Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. (pp. 631-654). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Rivera, J., Pinilla, G., y Camacho, D. (2013). *Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia*. Acta Biológica Colombiana, vol. 18 (2), 43-56.
- Rodríguez, J., Ospina, R., Gutiérrez, J., y Ovalle, H. (2007) *Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes de una quebrada tropical de montaña (Bogotá, Colombia)*.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. FEN- Colombia, COLCIENCIAS – Universidad de Antioquia, Medellín. 217 pp.

- Roldán, G. (1997). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua*. Sociedad Colombia de Entomología/ Universidad Nacional de Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 203- 207.
- Roldán, G. (1999). *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de agua*. Revista de la Academia Colombia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales 23 (88): 375- 387.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Medellín*. Colombia: Universidad de Antioquia. 170 pp.
- Roldán, G., y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Rosenberg, D., y Resh, V (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrados*. Chapman. New York, USA. 488 pp.
- Russell, A., y Ruckert, E. (1981). *The effects of aerial spraying of endosulfan for tsetse fly control on aquatic invertebrates in the Okavango swamps, Botswana*. Environmental Pollution. 24: 57-73.
- Sáenz, J. (2001). *Use of the Biological Monitoring Working Party (BMWP) system for assessing water quality in San Alberto River (Oxapampa, Peru)*. Tesis de Maestría, Universidad de Barcelona.
- Samboni, N., Carvajal, Y., y Escobar, J. (2007). *Revisión de los Parámetros Físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. Bogotá, Colombia. Ingeniería e investigación 27.: pp. 172-181.
- Trama, F. (2014). *Efecto de los plaguicidas utilizados en los cultivos de arroz, sobre las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y calidad de las aguas en la cuenca baja del río Piura, Perú*. (Tesis Doctoral). Universidad Agraria la Molina. Escuela de Postgrado. Lima. Perú.

- Torrealba, B., y Ocharan, F. (2007). *Comparación de muestreo de macroinvertebrados bentónicos fluviales con muestreador surber y con red manual en ríos de Aragón (NE Península Ibérica)*. Limnetica, 26 (1): 13 -24.
- Vivas, S., Casas, J., Pardo, I., Robles, S., Mellado, A., Alba, J., Bonada, N., Alvarez, M., Jáimez, P., Suárez, M., Toro, M., y Prat, N. (2004). *Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del Proyecto GUADALMED*. Limnetica, 21 (3-4), 2002: 149-173.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Ubicación de los puntos de muestreo en el río Chira. Sullana-Piura



Fig.3. Punto de muestreo 1 Sector Huaypará en el distrito de Sullana.



Fig.4. Punto de muestreo 2 La Peña en el distrito Querecotillo.



Fig.5. Punto de muestreo 3 Puente Viejo Sullana en el distrito de Sullana.



Fig.6. Punto de muestreo 4 Puente Sojo en el distrito Miguel Checa (Sullana).

Anexo 2: Muestreo de los macroinvertebrados acuáticos en el río Chira



Fig.7. Muestreo de macroinvertebrados con red de mano en Sector Huaypará en el río Chira.



Fig.8. Muestreo de macroinvertebrados con red Surber en Sector Huaypará, en el río Chira.



Fig.9. Muestreo de macroinvertebrados con red de mano en La Peña en el río Chira.



Fig.10. Muestreo de macroinvertebrados con red Surber en La Peña en el río Chira.



Fig.11. Examinando ramas sumergidas, piedras y troncos en cuyas superficies se encuentran numerosos macroinvertebrados acuáticos.



Fig.12. Las muestras de los macroinvertebrados se depositaron en recipientes de plástico.



Fig.13. Preparación de los sustratos artificiales para los puntos de muestreo Puente Viejo Sullana y Puente Sojo.



Fig.14. Colocación de los sustratos artificiales en el punto Puente Viejo Sullana para el muestreo de macroinvertebrados en el río Chira.



Fig.15. Colocación de los sustratos artificiales en el punto Puente Sojo para el muestreo de macroinvertebrados en el río Chira.



Fig.16. Extracción de sustratos artificiales en el punto Puente Viejo Sullana.



Fig.17. Extracción de sustratos artificiales en el punto Puente Sojo.



Fig.18. Lavado de ladrillo.



Fig.19: Lavado de bloque de concreto.



Fig.20. Lavado de bolsa.



Fig.21. Tamizado de las muestras.



Fig.22. Observación de los macroinvertebrados acuáticos durante el tamizado.



Fig.23. Las muestras se conservaron en formol.



Fig.24. Se rotularon los recipientes de plásticos.



Fig.25. Se colocaron las etiquetas a los recipientes de plásticos.

Nombre del proyecto:

Macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua en el río Chira. Piura-Perú

Código de la estación de muestreo:

Nombre del río:

Localidad:

Fecha de muestro:

Fig.26. Etiqueta colocada en los recipientes de plástico.

Anexo 3: Evaluación de parámetros fisicoquímicos *in-situ* en los diferentes puntos de muestreo en el río Chira



Fig.27. Equipo multiparamétrico.



Fig.28. Toma de los parámetros fisicoquímicos con el multiparamétrico.

Anexo 4: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Anexo 5: Determinación de macroinvertebrados acuáticos.



Fig.29. Utilización del estetoscopio y claves taxonómicas.



Fig.30. Determinación de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el río Chira.

Anexo 6: Puntuación de las familias para el cálculo de IBMWP

CÓDIGO	ARÁCNIDOS	Punt.
ACA001SPOR	Acariformes ¹	4

CÓDIGO	COLEÓPTEROS	Punt.
CHR009FAMI	Chrysomelidae	4
CUR001FAMI	Curculionidae	4
DRY001FAMI	Dryopidae	5
DYT001FAMI	Dytiscidae	3
ELM001FAMI	Elmidae	5
GYR001FAMI	Gyrinidae	3
HAL002FAMI	Halplidae	4
HEL002FAMI	Helophoridae	5
HYD008FAMI	Hydraenidae	5
HYD013FAMI	Hydrochidae	5
HYD011FAMI	Hydrophilidae	3
HYG001FAMI	Hygrobiidae	3
NOT004FAMI	Noteridae	3
PSE004FAMI	Psephenidae	3
SCI001FAMI	Scirtidae (=Helodidae)	3

CÓDIGO	CRUSTÁCEOS	Punt.
ASE001FAMI	Asellidae	3
AST003FAMI	Astacidae	8
ATY001FAMI	Atyidae	6
COR003FAMI	Corophiidae	6
GAM001FAMI	Gammaridae	6
OST001CLAS	Ostracoda	3
PAL004FAMI	Palaemonidae	6

CÓDIGO	DÍPTEROS	Punt.
ANT004FAMI	Anthomyiidae ²	4
ATH001FAMI	Athericidae	10
BLE001FAMI	Blephariceridae	10
CER006FAMI	Ceratopogonidae	4
CHIO01FAMI	Chironomidae	2
CUL001FAMI	Culicidae	2
DIX001FAMI	Dixidae	4
DOL001FAMI	Dolichopodidae	4
EMP001FAMI	Empididae	4
EPH003FAMI	Ephyridae	2
LIM005FAMI	Limoniidae	4
PSY001FAMI	Psychodidae	4
PTY001FAMI	Ptychopteridae	4
RHA004FAMI	Rhagionidae	4
SCA002FAMI	Scatophagidae ²	4
SCI002FAMI	Sciomyzidae	4
SIM002FAMI	Simuliidae	5
STR003FAMI	Stratiomyidae	4
SYR002FAMI	Syrphidae	1
TAB002FAMI	Tabanidae	4
THA003FAMI	Thaumaleidae	2
TIP001FAMI	Tipulidae	5

CÓDIGO	EFEMERÓPTEROS	Punt.
BAE001FAMI	Baetidae	4
CAE001FAMI	Caenidae	4
EPH002FAMI	Ephemereilidae	7
EPH001FAMI	Ephemeridae	10
HEP001FAMI	Heptageniidae	10
LEP003FAMI	Leptophlebiidae	10
OLI002FAMI	Oligoneuriidae	5
POL020FAMI	Polymitarcidae	5
POT003FAMI	Potamanthidae	10
PRO010FAMI	Prosopistomatidae	7
SIP001FAMI	Siphonuridae	10

CÓDIGO	HETERÓPTEROS	Punt.
APH001FAMI	Aphelocheiridae	10
COR004FAMI	Corixidae	3
GER002FAMI	Gerridae	3
HYD014FAMI	Hydrometridae	3
MES001FAMI	Mesovelidae	3
NAU001FAMI	Naucoridae	3
NEP002FAMI	Nepidae	3
NOT003FAMI	Notonectidae	3
PLE004FAMI	Pleidae	3
VEL001FAMI	Veliidae	3

CÓDIGO	HIRUDÍNEOS	Punt.
ERP001FAMI	Erpobdellidae	3
GLO005FAMI	Glossiphoniidae	3
HIR002FAMI	Hirudidae (=Hirudinidae)	3
PIS003FAMI	Piscicolidae	4

CÓDIGO	NEURÓPTEROS	Punt.
SIA001FAMI	Sialidae	4

CÓDIGO	LEPIDÓPTEROS	Punt.
PYR004FAMI	Crambidae (=Pyralidae)	4

CÓDIGO	MOLUSCOS	Punt.
ANC001FAMI	Ancylidae	6
BIT001FAMI	Bithyniidae	3
FER002GENE	Ferrissia ³	6
HYD005FAMI	Hydrobiidae	3
LYM001FAMI	Lymnaeidae	3
NER001FAMI	Neritidae	6
PHY003FAMI	Physidae	3
PLA003FAMI	Planorbidae ⁴	3
SPH006FAMI	Sphaeriidae	3
THI001FAMI	Thiaridae	6
UNI001FAMI	Unionidae	6
VAL001FAMI	Valvatidae	3
VIV001FAMI	Viviparidae	6

CÓDIGO	ODONATOS	Punt.
AES001FAMI	Aeshnidae	8
CAL004FAMI	Calopterygidae	8
COE001FAMI	Coenagrionidae	6
COR012FAMI	Cordulegasteridae	8
COR008FAMI	Corduliidae	8
GOM003FAMI	Gomphidae	8
LES001FAMI	Lestidae	8
LIB001FAMI	Libellulidae	8
PLA004FAMI	Platycnemididae	6

CÓDIGO	OLIGOQUETOS	Punt.
	Todos	1

CÓDIGO	PLECÓPTEROS	Punt.
CAP003FAMI	Capniidae	10
CHL004FAMI	Chloroperlidae	10
LEU004FAMI	Leuctridae	10
NEM001FAMI	Nemouridae	7
PER004FAMI	Perlidae	10
PER006FAMI	Perlodidae	10
TAE001FAMI	Taeniopterygidae	10

CÓDIGO	TRICÓPTEROS	Punt.
BER001FAMI	Beraeidae	10
BRA006FAMI	Brachycentridae	10
CAL002FAMI	Calamoceratidae	10
ECN001FAMI	Ecnomidae	7
GLO004FAMI	Glossosomatidae	8
GOE001FAMI	Goeridae	10
HYD006FAMI	Hydropsychidae	5
HYD012FAMI	Hydroptilidae	6
LEP008FAMI	Lepidostomatidae	10
LEP004FAMI	Leptoceridae	10
LIM002FAMI	Limnephilidae	7
MOL001FAMI	Molannidae	10
ODO001FAMI	Odontoceridae	10
PHI001FAMI	Philopotamidae	8
PHR002FAMI	Phryganeidae	10
POL003FAMI	Polycentropodidae	7
PSY002FAMI	Psychomyiidae	8
RHY001FAMI	Rhyacophilidae	7
SER001FAMI	Sericostomatidae	10
UEN001FAMI	Uenidae (=Thremmatidae)	10

CÓDIGO	TURBELARIOS	Punt.
DEN001FAMI	Dendrocoelidae	5
DUG001FAMI	Dugesidae	5
PLA005FAMI	Planariidae	5

Fuente: Ministro de agricultura, alimentación y medio ambiente. España.2013.

Anexo 7: Macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad de agua encontrados en el río Chira.

Puntaje nPeBMWP:7

Los organismos con este puntaje son característicos de aguas poco contaminadas.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae

Tricorythodes sp.



Puntaje nPeBMWP:6

Los organismos con este puntaje, son en su mayoría, característicos de aguas poco contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas moderadamente contaminadas.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Molusca	Gastropoda	Mesogastropoda	Thiaridae

Melanoides tuberculatus



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Odonata	Libellulidae

Peritemis sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae

Ischnura sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae

Argia sp.



Puntaje nPeBMWP:5

Los organismos con este puntaje, son en su mayoría, característicos de aguas moderadamente contaminadas.

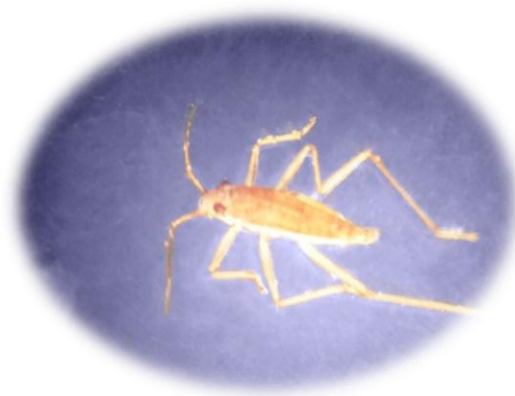
Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Trichoptera	Hidropsychidae

Smicridea sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Hemiptera	Gerridae

Eurygerris kahli



Puntaje nPeBMWP:4

Los organismos con este puntaje son, en su mayoría, característicos de aguas moderadamente contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas contaminadas.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae

Baetis sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Hemiptera	Belostomatidae

Belostoma sp.



Puntaje nPeBMWP:3

Los organismos con este puntaje, son en su mayoría, característicos de aguas contaminadas, aunque pueden presentarse algunos de aguas muy contaminadas.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Annelida	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae

Glossiphonia complanata



Phylum	Clase	Orden	Familia
Molusca	Gastropoda	Bassommatophora	Physidae

Physa chilensis



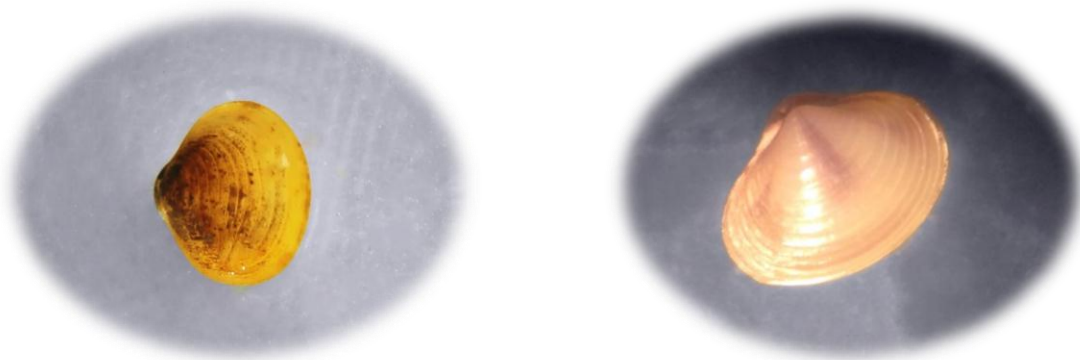
Phylum	Clase	Orden	Familia
Molusca	Gastropoda	Bassommatophora	Planorbidae

Drepanotrema sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Molusca	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae

Pisidium sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Arthropoda	Ostracoda	Podocopida	Cyprididae

Podocopa sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Coleóptera	Hidrophilidae

Tropisternus sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Hemiptera	Hebridae

Hebrus sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Hemiptera	Pleidae

Paraplea sp.



Puntaje nPeBMWP:2

Los organismos con este puntaje, son característicos de aguas muy contaminadas.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironominae

Chironominae sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Diptera	Culicidae

Culex sp.



Phylum	Clase	Orden	Familia
Artropoda	Insecta	Diptera	Culicidae

Culex sp.



Puntaje nPeBMWP:1

Los organismos con este puntaje, son característicos de aguas altamente contaminadas.

Phylum	Clase	Orden	Familia
Annelida	Oligochaeta	Tubificidos	Tubificidae

Branchiura sp.

